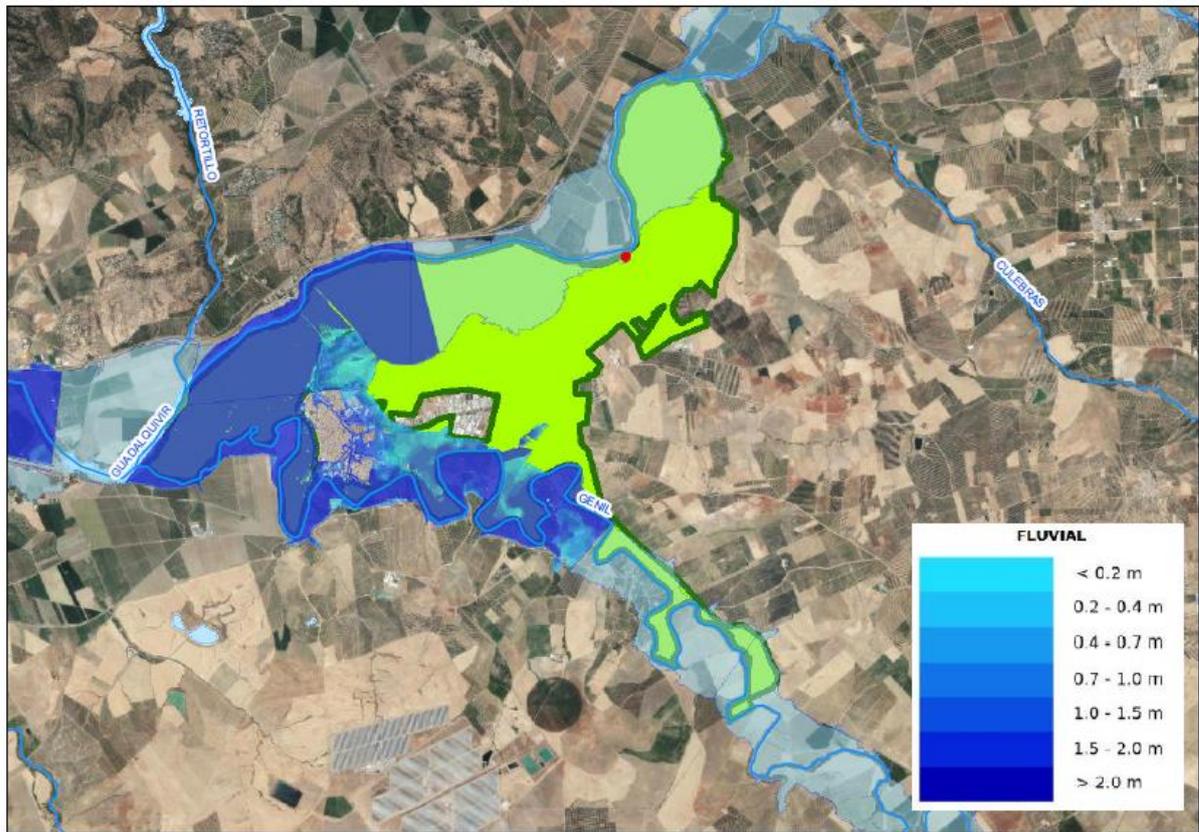


CASO PILOTO

COMUNIDAD DE REGANTES MARGEN DERECHA DEL GENIL EN EL TM DE PALMA DEL RÍO (CÓRDOBA)



Julio, 2022

ÍNDICE

	Página
1. JUSTIFICACIÓN	4
2. DESCRIPCIÓN GENERAL DE LA CRMDG Y DEL ENTORNO	4
2.1. UBICACIÓN	4
2.2. DATOS DE LA EXPLOTACIÓN	6
2.3. CARACTERÍSTICAS DE LA CRMDG. INFRAESTRUCTURAS	7
3. IDENTIFICACIÓN DEL RIESGO DE INUNDACIÓN	10
3.1. CAUSAS MÁS FRECUENTES DE INUNDACIÓN EN LA EXPLOTACIÓN	10
3.2. DESCRIPCIÓN DE LAS INSTALACIONES QUE SE VERÍAN AFECTADAS POR LAS INUNDACIONES	15
3.3. INVENTARIO DE LOS PUNTOS DE ENTRADA DEL AGUA A LA CRGMD	17
4. MEDIDAS DE PREVENCIÓN, PROTECCIÓN Y PREPARACIÓN EXISTENTES	18
4.1. MEDIDAS YA ADOPTADAS EN EPISODIOS ANTERIORES	18
4.2. PÓLIZAS DE SEGUROS CONTRATADAS EN VIGOR	18
4.3. PLAN DE EMERGENCIA	18
5. CARACTERIZACIÓN DE LA RESILIENCIA DE LA EXPLOTACIÓN	18
6. PROPUESTA DE MEDIDAS DE ADAPTACIÓN	20
6.1. MEDIDAS DE AUTOPROTECCIÓN	20
7. ANÁLISIS COSTE-BENEFICIO DE ALTERNATIVAS	21
7.1. ANÁLISIS DE DAÑOS POR ALTURA DE AGUA EN SITUACIÓN DE PARTIDA	21
7.2. ALTERNATIVAS CONSIDERADAS	22
7.3. ALTERNATIVA 1. PROTECCIÓN FRENTE A INUNDACIONES ASOCIADAS A UN PERIODO DE RETORNO DE 100 AÑOS	23
7.4. ALTERNATIVA 2. PROTECCIÓN FRENTE A INUNDACIONES ASOCIADAS A UN PERIODO DE RETORNO DE 500 AÑOS	24
7.5. ANÁLISIS COMPARATIVO DE ALTERNATIVAS	25
8. CONCLUSIONES	26
1. ANEXO. VALORACIÓN DE LOS DAÑOS POTENCIALES	27

RELACIÓN DE ABREVIATURAS

ARPSI	Área de Riesgo Potencial Significativo de Inundación
CRMDG	Comunidad de Regantes de la Margen Derecha del Genil
DGA	Dirección General del Agua
EB	Estación de Bombeo
FERAGUA	Asociación de Comunidades de Regantes de Andalucía
GUÍA	Guía de adaptación al riesgo de inundación: explotaciones agrícolas y ganaderas. MITECO, 2019
MITECO	Ministerio para la Transición Ecológica y Reto Demográfico
PGRI	Planes de Gestión de Riesgo de Inundación
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 Unión Europea, 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 Comunidad de Regantes de la Margen Derecha del Genil (CRMDG).

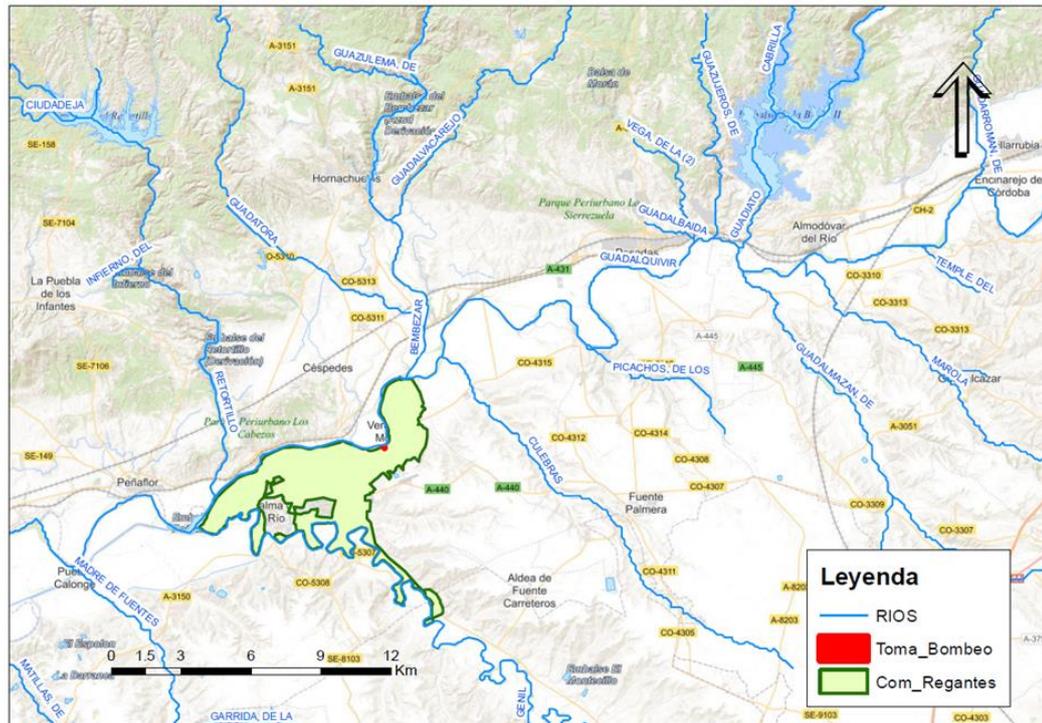
En este informe se presenta un diagnóstico del riesgo de inundación de los elementos e infraestructuras gestionados por dicha comunidad de regantes. Para ello, se realiza una evaluación del riesgo, una estimación de los posibles daños por inundación, una caracterización de la resiliencia, una propuesta de medidas de adaptación y una valoración de su eficacia mediante un análisis beneficio/coste.

Su selección como caso piloto surgió tras la jornada divulgativa prevista en el apartado 5.4 del pliego de prescripciones técnicas de este contrato, de sensibilización del riesgo de inundación en el sector agrícola y ganadero a los actores de las demarcaciones hidrográficas del Guadalquivir, cuencas intracomunitarias andaluzas, Ceuta y Melilla, donde los actores allí presentes propusieron diferentes explotaciones.

2. DESCRIPCIÓN GENERAL DE LA CRMDG Y DEL ENTORNO

2.1. UBICACIÓN

La zona regable a la que presta servicio la CRMDG se localiza en el tramo final de la margen derecha del río Genil, en su confluencia con el río Guadalquivir. El propio río Guadalquivir la delimita al norte y el río Genil y el núcleo urbano de Palma del Río, al Sur. En el mapa siguiente se puede observar su localización enmarcada por los ríos, las infraestructuras de comunicación y las localidades más relevantes de la zona:

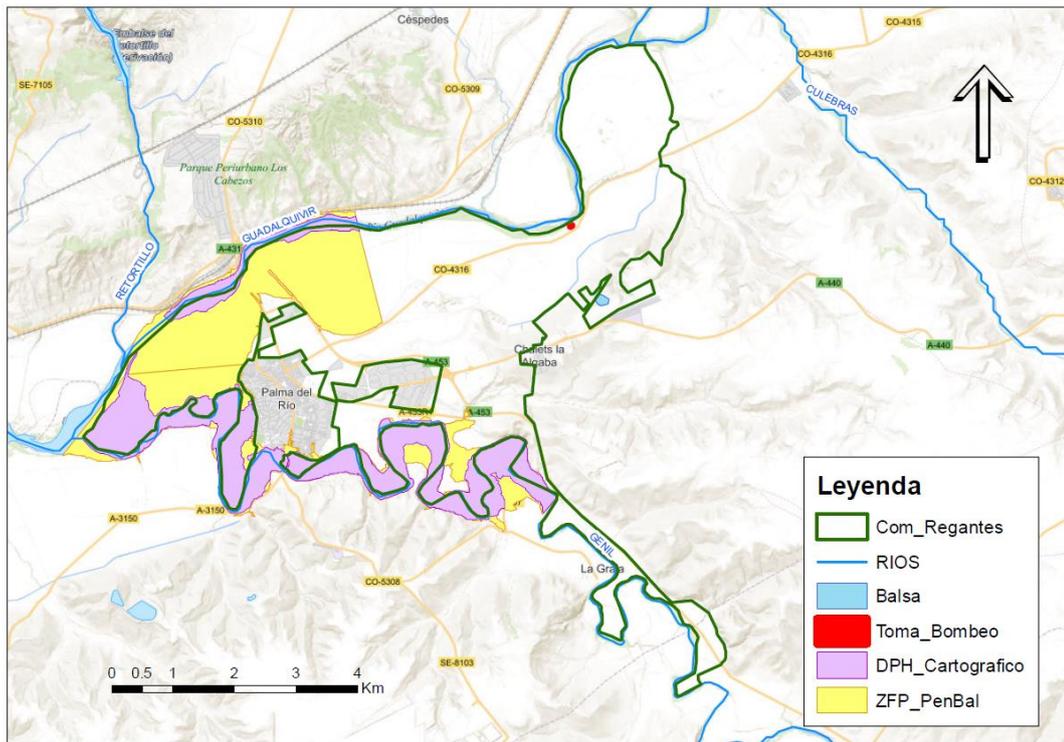


Mapa 1. Ubicación general de la zona regable de la CRMDG

Los elementos e infraestructuras de la CRMDG están sujetos a las avenidas de los ríos Guadalquivir y Genil. Éste último confluye con el Guadalquivir por su margen izquierda, aguas abajo de la comunidad. El caudal del río Guadalquivir se ve incrementado por el agua aportada por los ríos Retortillo y Bembézar. Ambos cuentan con sendos embalses que permiten la laminación de su aportación. Por su parte, tras la confluencia con el Genil, el río Guadalquivir cuenta con la presa de Peñafior, que sirve de derivación y que, debido a su escaso volumen, apenas tiene capacidad de laminación.

Cuando se producen avenidas extraordinarias, el desbordamiento generalizado a lo largo de todo el cauce del Guadalquivir y del Genil en la confluencia, afectan a las infraestructuras gestionadas y a los cultivos irrigados por la CRMDG. Según el SNCZI, se vería afectada por las inundaciones provocadas por las crecidas de la T10, T100 y T500.

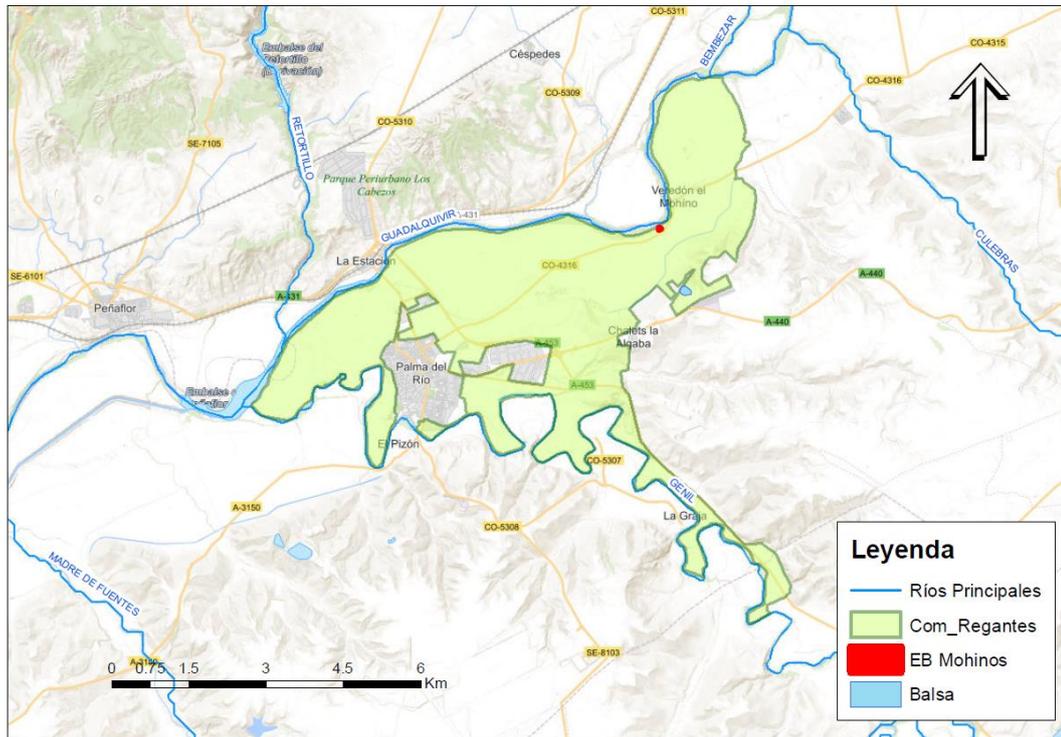
En el mapa siguiente se puede observar la zona de flujo preferente y la de dominio público hidráulico cartográfico del entorno de la zona.



Mapa 2. Zona de flujo preferente y DPH cartográfico

2.2. DATOS DE LA EXPLOTACIÓN

- **Titular:** Comunidad de Regantes de la Margen Derecha del Genil (CRMDG). Los activos son titularidad de la Administración General del Estado. La explotación de estos activos es realizada por la CRMDG a través de una encomienda de gestión.
- **Actividad:** Captación y suministro de agua a una superficie agrícola de 2.235 ha, dedicada, principalmente, al cultivo de cítricos y herbáceos.
- **Número de usuarios:** 482.
- **Término municipal:** Palma del Río.
- **Provincia:** Córdoba.

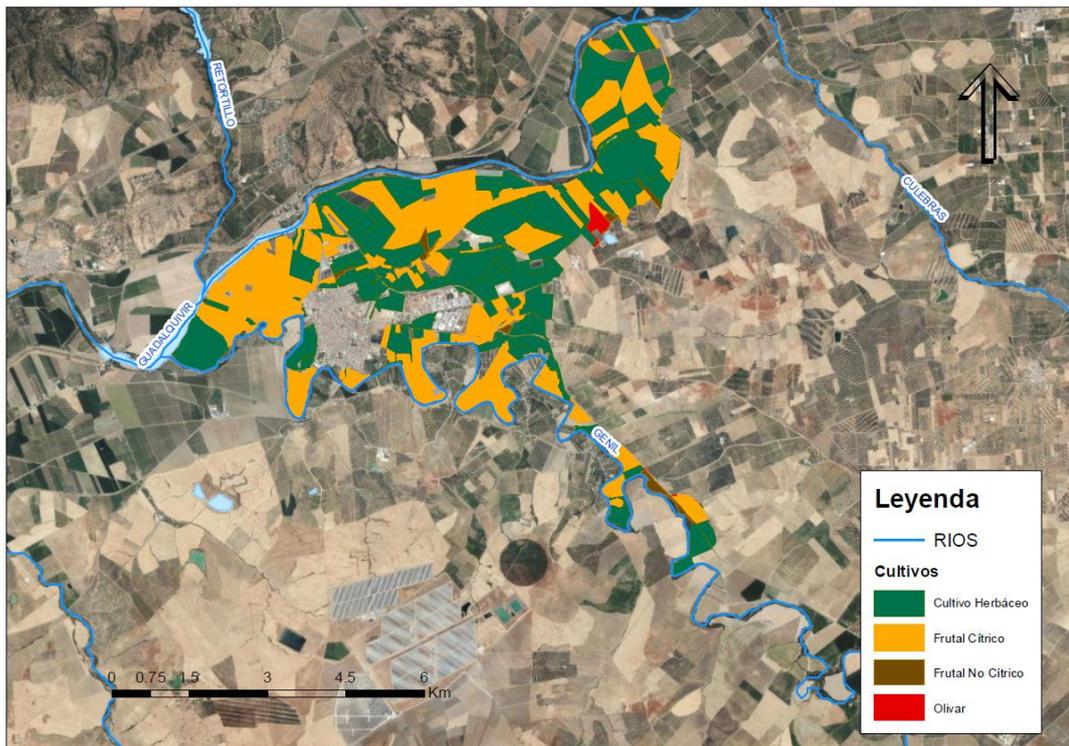


Mapa 3. Zona regable gestionada por la CRMDG

2.3. CARACTERÍSTICAS DE LA CRMDG. INFRAESTRUCTURAS

La CRMDG es una comunidad histórica de riego que da servicio a 2.235 ha en la localidad de Palma del Río. Sus antecedentes históricos se remontan a 1959, cuando el Ministerio de Obras Públicas (infraestructuras de regulación y red en alta) y el Instituto Nacional de Colonización (red de distribución y poblados) realizaron la labor de transformación de secano a regadío.

Inicialmente, el agua se tomaba de la margen derecha del río Genil y se regaba por gravedad con un sistema de canales y acequias. A finales de los años noventa se inició el proceso de modernización de la zona regable, que llevaría a la construcción de la toma, el bombeo (EB Mohino) del río Guadalquivir, una balsa de regulación y un sistema presurizado de distribución de agua. En el año 2000 se cambió la toma a su sitio actual, en la margen izquierda del Guadalquivir, tras la reordenación de las demandas previstas en la zona a satisfacer desde el embalse de Iznájar.



Mapa 4. Distribución de los cultivos en la CRMDG

Las inundaciones del río Guadalquivir pueden generar daños en la EB El Mohino. En varias ocasiones el nivel del río se ha elevado ascendiendo por la cántara de aspiración hasta alcanzar a los motores de las bombas. El tiempo de permanencia de la inundación es bajo sin que llegue a producirse la asfixia radical, por ello, los cultivos sufren daños relativos.

A continuación se enumeran y describen las infraestructuras y elementos más relevantes que gestiona la CRMDG:

- EB del Mohino.** Dotada de 6 grupos moto-bomba (4+2 reserva) con una capacidad individual de 0,5 m³/s. La estación es capaz de salvar un desnivel de unos 70 mca, desde la cota 56 msnm de la EB hasta la 120 msnm de la balsa de regulación. Debido a limitaciones de potencia eléctrica, el máximo de bombas que se pueden emplear es dos, limitando el caudal total a 1 m³/s. La EB está formada por una cántara de aspiración, construida en hormigón armado de 13,65 m de altura, con abertura de marco rectangular de 3,60x2,65 m, con cota inferior a la del río Guadalquivir. En la cántara está instalada una rejilla con un limpiarregas automático. La estación consta de calderines antiarriete y un centro de control.



Foto 1. Grupos Motobomba



Foto 2. Cántara de aspiración y limpiarrejas



Foto 3. Calderines antiarriete



Foto 4. Centro de control



Foto 5. Esquema de la EB del Mohino

- **Balsa de regulación:** El agua se eleva a una balsa de regulación situada a la cota 120 msnm, con una capacidad de 200.000 m³. En la actualidad se está construyendo otra balsa de 340.000 m³, junto a la primera, que estarán interconectadas. El objetivo es aumentar la regulación y aportar mayor flexibilidad a la explotación. La balsa permite una decantación del agua tomada directamente del río Guadalquivir. El consumo del riego asciende a unos 80.000 m³/día. La capacidad de bombeo prevista era de 4 m³/s, con lo que para almacenar el volumen diario era suficiente bombear durante 5,56 horas. Por problemas de suministro eléctrico, sólo se puede bombear en la actualidad 1 m³/s, por lo que tardan 22,22 horas en suministrar el consumo diario, con lo que no se produce el ahorro energético previsto.
- **Red principal de riego:** Está formada por 37,6 km de tuberías de PRFV por las que el agua de riego fluye sometida a unas 5-6 atmósferas de presión. La red consta de 173 tomas individuales.



Mapa 5. Red principal de riego explotada por la CRMDG

3. IDENTIFICACIÓN DEL RIESGO DE INUNDACIÓN

3.1. CAUSAS MÁS FRECUENTES DE INUNDACIÓN EN LA EXPLOTACIÓN

El riesgo de inundación está causado por el efecto de tormentas de gran intensidad que se suelen producir en invierno y comienzos de la primavera. Cuando este fenómeno ocurre, el caudal circulante

del río Guadalquivir desborda lateralmente el cauce y puede generar importantes daños en las infraestructuras explotadas por la CRMDG, especialmente, en la EB del Mohíno. La toma del Guadalquivir se produce a través de un marco de hormigón, controlado por una compuerta metálica. Esta compuerta no es estanca y el agua penetra por ella hacia la cántara de aspiración de los grupos de moto-bomba, alcanzando una altura suficiente para dañarlos.

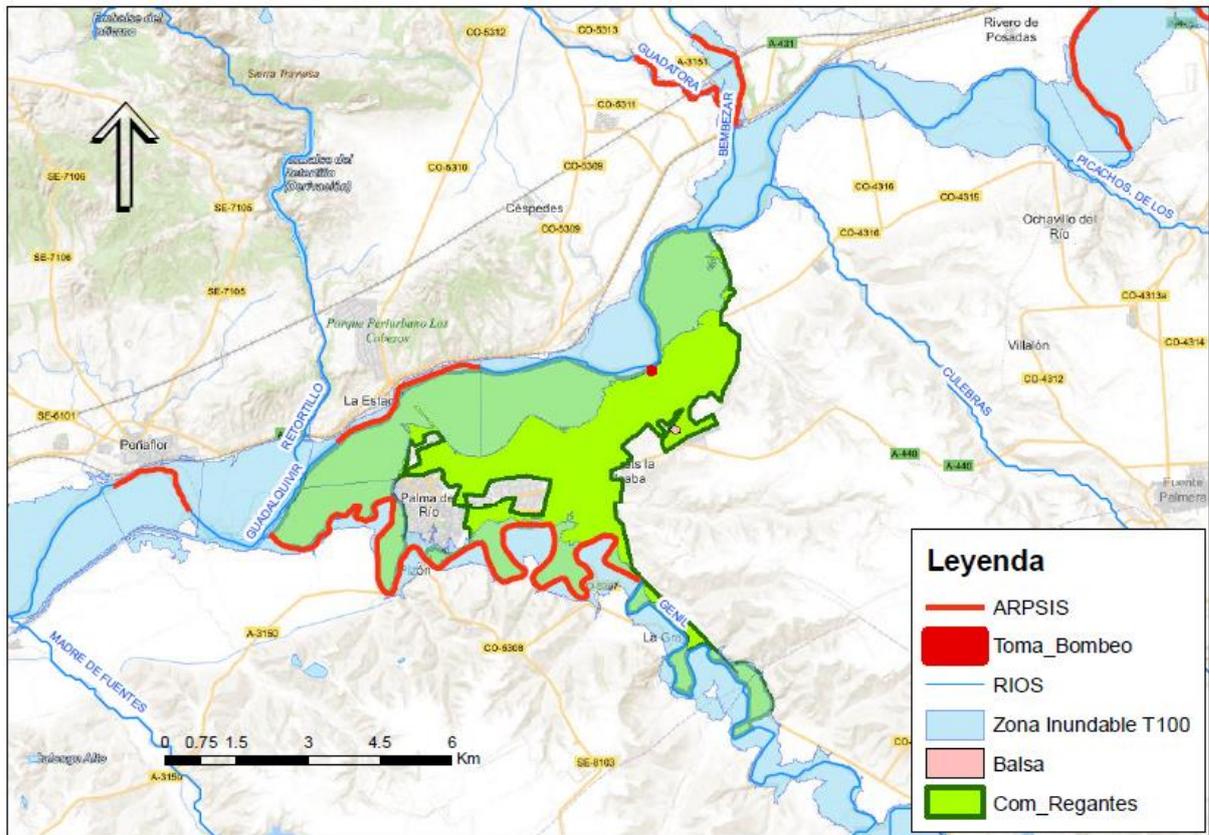
La superficie regable de la CRMDG se encuentra enmarcada entre dos subtramos de la ARPSI (ES050_APSFR_MG001) del río Guadalquivir y Genil. Además, las ARPSI del río Bembézar y del tramo del Guadalquivir tras la confluencia se localizan en las inmediaciones de la comunidad.

Tabla 1. Tramos ARPSI en el entorno de la CRMDG

Código ARPSI	ARPSI	Código subtramo	Nombre
ES050_APSFR_MG001	Palma del Río	ES050_APSFR_MG001-02	Río Guadalquivir
		ES050_APSFR_MG001-01	Río Genil
ES050_APSFR_BG004	Río Guadalquivir entre Peñaflores y Alcalá del Río.	ES050_APSFR_BG004-01	Río Guadalquivir
ES050_APSFR_MG070	Bembézar	ES050_APSFR_MG070-01	Río Bembézar

La totalidad del área afectada de la CRMDG no se encuentra enmarcada en zona ARPSI, pero sí se encuentra en las áreas delimitadas como zona inundable. El río Guadalquivir sufre de inundaciones por desbordamiento lateral en la mayor parte de su cauce, incluso para los periodos de retorno más probables T10, afectando a la estación de bombeo a partir de T100. Según declaraciones del titular, se producen inundaciones en la zona cuando el Guadalquivir supera los 2 000 m³/s y, para este caudal, suelen durar de 2 a 4 días.

En el mapa siguiente se observa la CRMDG enmarcada por los subtramos de las ARPSI mencionadas y la superficie afectada por la T100.



Mapa 6. ARPSIs en el entorno de la CRMDG

Las inundaciones sufridas en la zona regable gestionada por la CRMDG se producen por la elevación del nivel del agua en los ríos Guadalquivir y Genil en su confluencia. El trazado que describen ambos ríos en el sector considerado es típicamente meandriforme, con lóbulos sucesivos que divagan en una llanura aluvial. Aunque en este tipo de río es frecuente, el acortamiento de la longitud del canal por estrangulamiento, la escasa potencia de la cubierta aluvial y el acusado encajamiento del río dan lugar a que los ríos sólo puedan cambiar el trazado de su curso por desbordamiento.

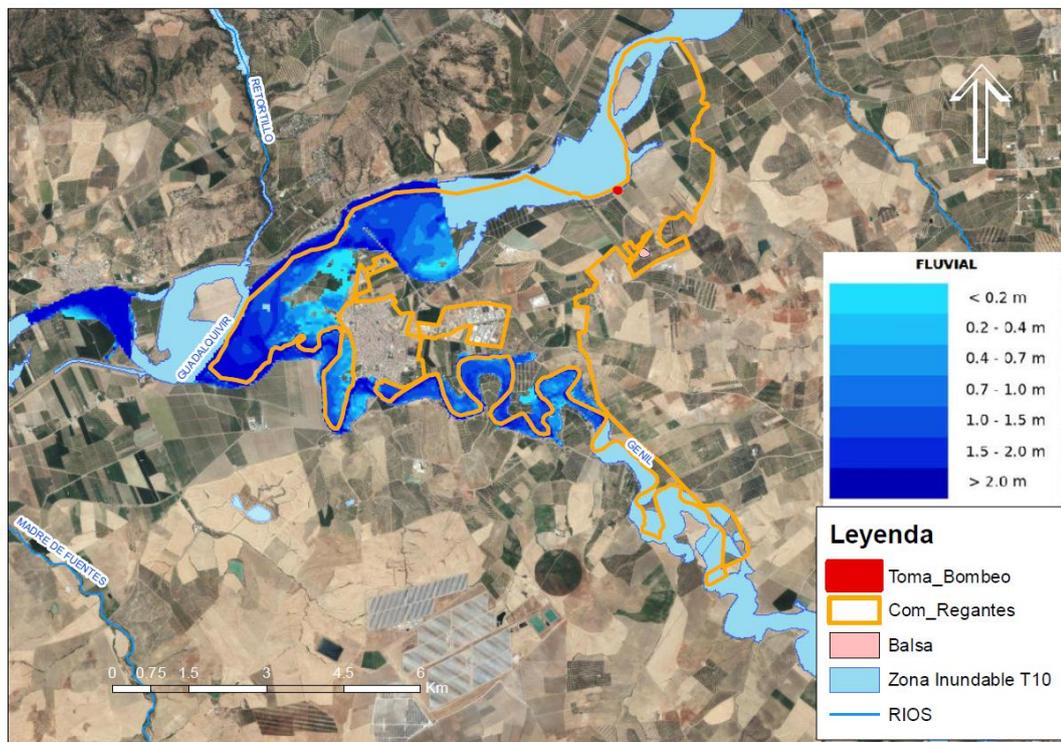
Su comportamiento hidráulico depende de la relación de caudales entre los ríos. El río Guadalquivir y sus afluentes de la margen derecha, nacidos en Sierra Morena, están muy regulados. Sin embargo, el río Genil, desde su nacimiento en la Subbética, solo tiene el embalse de Iznájar - en la cuenca alta del río - como estructura hidráulica de gran volumen que lo regule. Cuando los episodios de lluvia son especialmente intensos y los embalses se ven obligados a desaguar parte del volumen acumulado, los calados del Guadalquivir pueden elevarse hasta desbordar en los meandros y lateralmente. En la relación de los ríos, la preponderancia del Guadalquivir genera la incapacidad de desagüe del río Genil, lo que origina un remanso de la lámina de agua hacia aguas arriba.

Según la cartografía del SNCZI las zonas vulnerables de la EB del Mohino son afectadas para T100 y T500. Para estos periodos de retorno, la cota absoluta de la lámina de agua es aproximadamente de 55,18 msnm y 56,49 msnm. Considerando que el suelo sobre el que se asientan las bombas se sitúa a

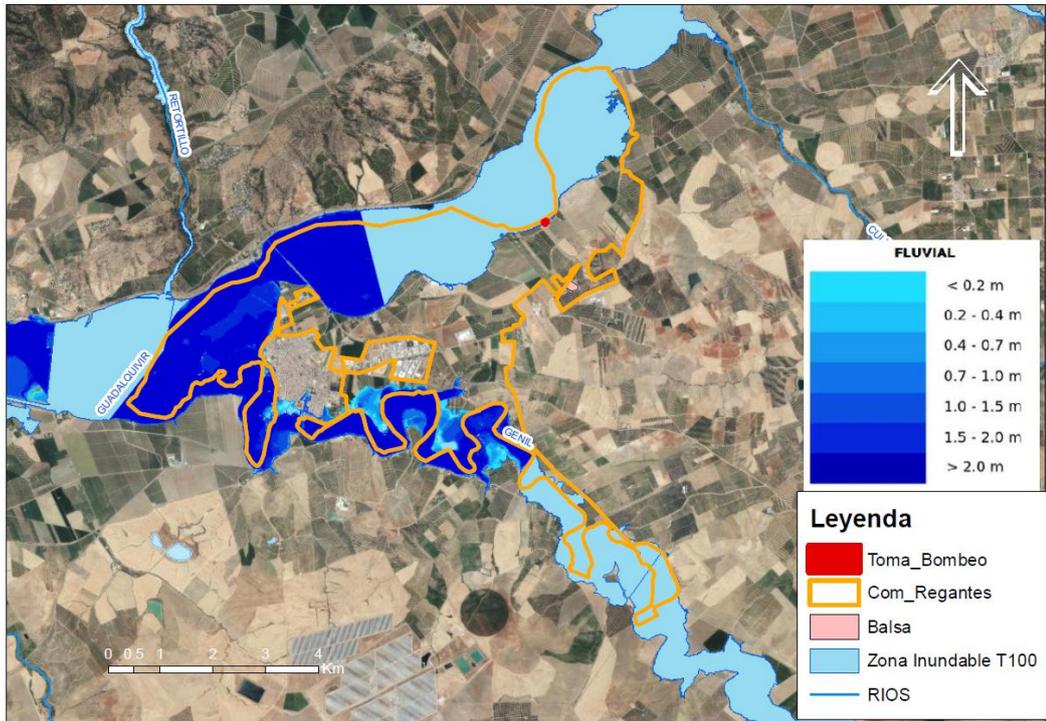
la cota de 53,61 msnm y el sistema de control en el edificio en la cota 56,25 msnm, las alturas de agua esperadas son las siguientes:

Tabla 2. Relación alturas Guadalquivir EB del Mohino					
Zona	Cota absoluta (msnm)	Cota agua T100 (msnm)	Altura (T100) (m)	Cota agua T500 (msnm)	Altura (T500) (m)
Grupos moto-bomba	53,61	55,18	1,57	56,49	2,88
Edificio Sistema control- Transformador	56,25	55,18	0	56,49	0,24

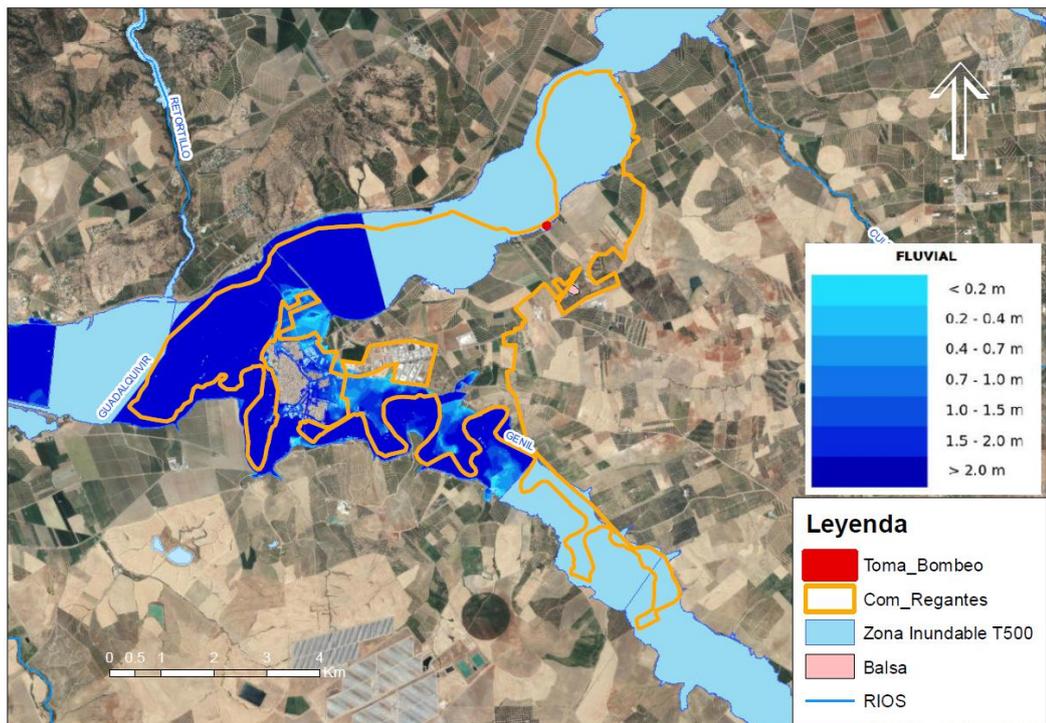
En los tres mapas de peligrosidad siguientes se puede observar la superficie ocupada por las crecidas y la distribución de calados para las zonas clasificadas como ARPSI de cada uno de los periodos de retorno de referencia, junto a la zona regable y las infraestructuras explotadas por la CRMDG:



Mapa 7. Mapa de peligrosidad por inundación T10



Mapa 8. Mapa de peligrosidad por inundación T100



Mapa 9. Mapa de peligrosidad por inundación T500

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

De acuerdo a la información facilitada por la CRMDG y la recabada durante la visita, los elementos e instalaciones vulnerables al desbordamiento del agua son los siguientes:

- **EB del Mohino.** Compuesto por una toma al nivel del río Guadalquivir a la cota 41,9 msnm, que consta de una antigua compuerta y una reja. Tras 30 m de conducción subterránea en forma de marco de dimensiones 3,60x2,65 m (ancho x alto), el agua alcanza la cántara principal que se divide, a su vez, en tres cámaras. La primera contiene una reja de desbaste y un limpiarrejas. La segunda, de mayor volumen, es previa a la cámara dónde están instaladas las bombas. El conjunto de las moto-bombas se encuentra protegido por un anexo a la edificación principal, colocándose en el exterior los calderines antiarriete. En total están instalados 6 grupos de bombas (4+2), pudiéndose instalar tres grupos más en el futuro (6+3). La mínima altura de agua a la que las bombas son capaces de trabajar es la equivalente a la cota 42,64 msnm, situándose los motores a una cota de 55 msnm.

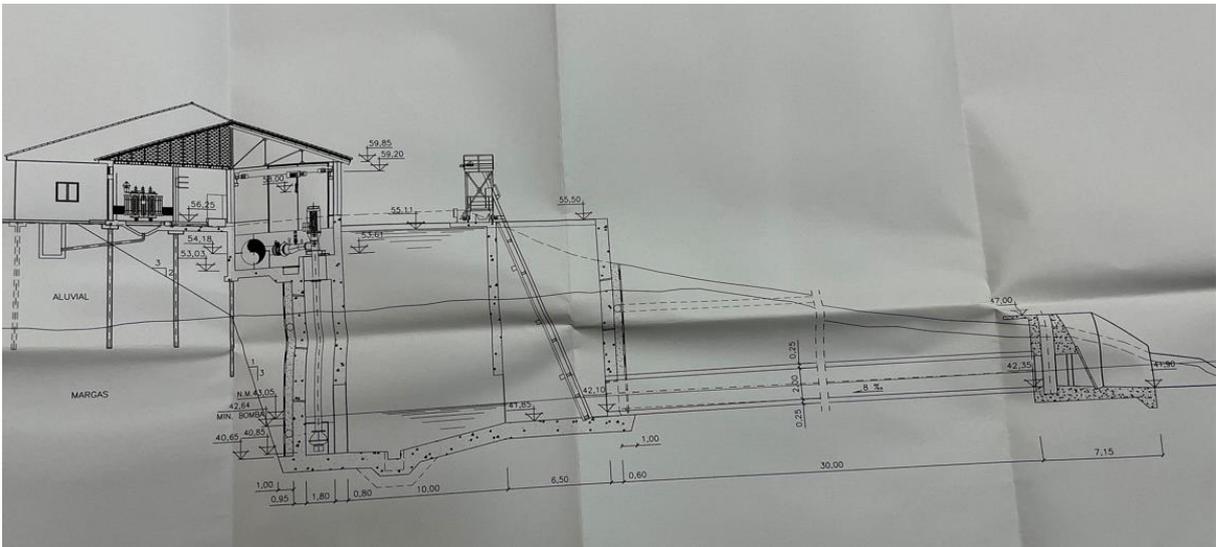


Figura 1. Perfil longitudinal EB del Mohino



Foto 6. Altura del agua afectando a las motobombas

- **Edificio centro de control y transformador:** En el edificio principal de la EB del Mohino está instalado el centro de control, en el que se gestiona el funcionamiento de las motobombas. En una sala adyacente, completamente aislados, se sitúan cinco transformadores de 1.600 KVA y uno de 50 KVA. El edificio es de una sola planta con paredes lisas de ladrillo macizo y cubierta a dos aguas.



Foto 7. Edificios del centro control y transformador. EB del Mohino

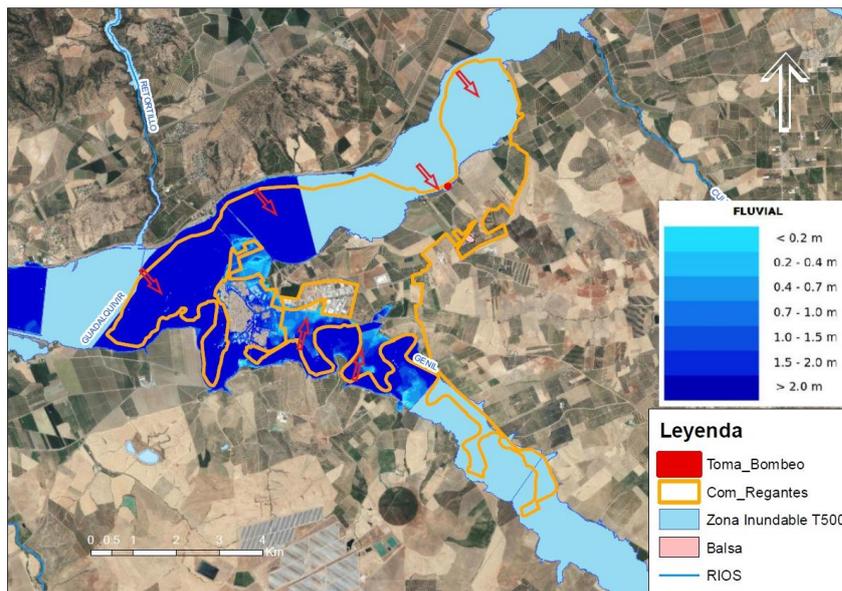
- **Sistema de riego a presión:** La red de tuberías está instalada bajo tierra y no sufren daños. Sin embargo, las inundaciones pueden producir arrastres o socavones en el terreno que dejan las tuberías al descubierto.



Foto 8. Socavación en el terreno producida por las inundaciones. Red de distribución

3.3. INVENTARIO DE LOS PUNTOS DE ENTRADA DEL AGUA A LA CRGMD

La entrada de agua a la zona regable gestionada por la CRMDG se produce a través de dos zonas diferentes. La primera por el desbordamiento del río Guadalquivir a lo largo de todo su cauce, que es el flujo principal. La segunda a través del desbordamiento del río Genil.



Mapa 10. Entradas del agua en la CRMDG

En las fotos siguientes se muestran las posibles entradas del agua en el edificio principal de la EB del Mohino.



Foto 9. Entradas de agua por la fachada principal



Foto 10. Entrada de agua por el lateral

4. MEDIDAS DE PREVENCIÓN, PROTECCIÓN Y PREPARACIÓN EXISTENTES

4.1. MEDIDAS YA ADOPTADAS EN EPISODIOS ANTERIORES

En los últimos 50 años se han producido menos de cinco episodios de inundación por el desbordamiento de los ríos Guadalquivir y Genil. Estas inundaciones afectaron a los cultivos y a la EB del Mohíno (en particular, a los motores de las bombas). Según información facilitada por la CRMDG, en febrero y diciembre del 2010 se produjeron las dos inundaciones de mayor magnitud que han afectado a la instalaciones.

4.2. PÓLIZAS DE SEGUROS CONTRATADAS EN VIGOR

La CRMDG tiene suscritas pólizas de seguros que dan cobertura a la EB del Mohíno (en concreto, las bombas, motores, calderines, instalaciones y centro de control).

La CRMDG no es titular de los cultivos a los que abastece. No procede, por tanto, analizar en este diagnóstico si estos cultivos cuentan con seguros agrarios. Los asociados son los responsables de la contratación y elección de las coberturas que consideren más apropiadas para sus cultivos.

4.3. PLAN DE EMERGENCIA

Aunque no existe un plan de emergencia, se pone en marcha un protocolo de actuación cuando hay riesgo de inundaciones. De la misma manera, la CRMDG dispone de medidas de actuación para la recuperación tras la inundación. Dichos protocolos son conocidos por la totalidad del personal que trabaja en la CRMDG.

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-adapta->

[cion-al-riesgo-inundacion-explotaciones-agricolas-ganaderas_tcm30-503727.pdf](#)), relleno por la CRMDG 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 CRMDG conoce su nivel de riesgo y sabe cómo acceder a las fuentes de información oficiales sobre predicciones meteorológicas e hidrológicas. En situaciones de riesgo por inundación consulta el SAIH del Guadalquivir al que están conectados. Conoce *a priori* la documentación recogida en el SNCZI en lo que se refiere a mapas de riesgo o a la zona de flujo preferente.
- El bloque 2 alude a la identificación de posibles daños por inundaciones. La CRMDG conoce las causas de las inundaciones y los mecanismos por los que el agua entra en sus tierras e infraestructuras, así como los activos que se ven afectados.
- El bloque 3 analiza las medidas de prevención, protección y preparación que se podrían aplicar y las que ya se han puesto en marcha. Anteriormente a las inundaciones de 2010, la CRMDG había ya implementado como medidas de autoprotección la contratación de seguros.
- El bloque 4 valora las coberturas de seguros contratados para paliar los efectos de las inundaciones. La CRMDG dispone de seguro para las instalaciones de la EB del Mohíno.
- El bloque 5 evalúa los procedimientos de actuación frente a emergencias. No existe un plan de emergencia pero se han sistematizado algunos procedimientos de respuesta ante estos escenarios de riesgo. La CRMDG informa de que el personal de la explotación sabe cómo organizarse y qué hacer. Las comunicaciones son ágiles pero no existen rutas y accesos de evacuación previstos.

En base a estos cinco bloques se ha elaborado el gráfico resumen que representa la resiliencia de la explotación. De un modo resumido, el nivel actual de concienciación y preparación del personal y de la explotación al riesgo de inundación es alto, aunque presenta oportunidades de mejora.

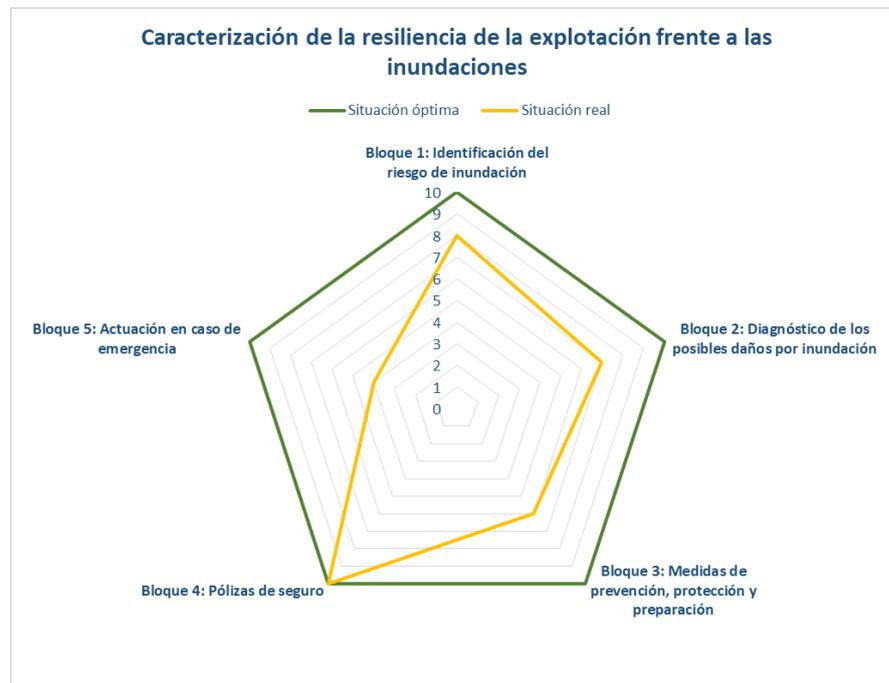


Gráfico 1. Caracterización de la resiliencia de la explotación frente a las inundaciones

Las instalaciones gestionadas por la comunidad están protegidas mediante la contratación de seguros. Tras las inundaciones del año 2010 se ha podido contrastar la eficacia de dichas medidas frente a los daños económicos directos de reparación. Sin embargo, los daños físicos a las bombas y los indirectos generados a las actividades de regadío de los comuneros se mantienen. Por lo tanto, todavía se pueden implantar medidas que permitan reducir el riesgo de inundación de la CRMDG.

En los siguientes apartados se proponen medidas de autoprotección que complementan las medidas ya ejecutadas por el titular.

6. PROPUESTA DE MEDIDAS DE ADAPTACIÓN

La CRMDG es consciente del riesgo de inundación que tienen las infraestructuras de la zona regable. La avenida de T10 no llega a afectar a las infraestructuras de EB del Mohíno. Por su parte, las avenidas de T100 y T500 afectan notablemente a las infraestructuras de la estación de elevación, especialmente a los motores de las bombas. Incluso para T500, el centro de control y los transformadores se verían afectados. La balsa de regulación, al estar situada a la cota 120 msnm, no se ve afectada en ningún caso.

6.1. MEDIDAS DE AUTOPROTECCIÓN

La vulnerabilidad es elevada frente a inundaciones provocadas por episodios extremos. No obstante, se pueden implementar medidas complementarias de autoprotección para evitar o disminuir más aún los daños de las inundaciones. A continuación se proponen algunas de estas medidas:

- 1. Instalación de compuerta metálica en la toma del Guadalquivir**, en la cara de aguas abajo de la cántara de aspiración. La compuerta se podría deslizar a través de dos perfiles en U fijados a los muros de hormigón y ser izada mediante un sistema eléctrico-neumático.
- 2. Sobreelevación de 1 m de los muretes de hormigón que bordean la cántara de aspiración**, hasta la cota 56,5 msnm para evitar el alivio del agua en la cántara de aspiración para T500.
- 3. Instalación de compuertas desmontables de aluminio para los portones y compuertas tipo *flood-gate* en las entradas individuales**. Estas compuertas evitarían la entrada de agua en la sala de control y en los transformadores para T500.
- 4. Elaboración e implantación de un Plan de emergencia**. En la actualidad existe una serie de directrices que se siguen en caso de inundación. La implantación de un plan de emergencia mejoraría de forma continua la organización, procedimientos de actuación y respuesta ante emergencias por inundaciones.

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 beneficio/coste para evaluar su rentabilidad y eficacia.

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

La estimación del daño se cuantifica mediante el producto de “riesgo x frecuencia” 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 elementos que integran la infraestructura gestionada por la CRMDG. La valoración económica de los daños se ha basado en los

informes periciales realizados tras la inundación de 2010 y de los precios unitarios de la base de precios de TRAGSA 2021.

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 gestionado por la comunidad de regantes.

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, esto es, la EB de Mohínos:

Periodo de retorno (años)	Nivel máximo del agua (m)
10	0
100	1,57
500	2,88

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.

Periodo de retorno	Altura máxima de agua (m)	Daño incremental (€)
T5 - T10	0	225
T10-T100	1,57	3.881
T100-T500	2,88	1.071
Daño medio anual		5.177
Pérdida 30 años		155.318

7.2. ALTERNATIVAS CONSIDERADAS

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

- 1) Sellado de la entrada a la cántara de aspiración de la EB del Mohíno mediante compuerta metálica de accionamiento eléctrico. Dimensiones mínimas de la compuerta 3,60x2,65 m.
- 2) Adquisición de compuertas tipo *floodgate* para las entradas individuales e instalación de compuertas desmontables modulares de aluminio para los portones.
- 3) Recrecimiento del muro de hormigón que delimita la cántara de aspiración. Para evitar la entrada de agua para T500 se necesita la elevación de 1 m de altura.
- 4) Elaboración e implantación de un plan de emergencia.

Y con el daño medio anual y acumulado en 30 años para la instalación (5.177 y 155.318 €, respectivamente), se contemplan dos alternativas con diferente grado de protección.

Alternativa 1. Protección frente a inundaciones asociadas a un periodo de retorno de 100 años

Esta alternativa consiste en la instalación de una compuerta de accionamiento eléctrico-neumático en la entrada de la cántara de aspiración. Con esta medida se evitaría la entrada de agua por la toma del Guadalquivir a la EB del Mohíno. Tras la aplicación de esta medida, los grupos de motobombas no sufrirían ningún tipo de daños para T100.

Alternativa 2. Protección frente a inundaciones asociadas a un periodo de retorno de 500 años

La mayor altura de la avenida para T500 provocaría la superación del muro de la cántara de aspiración. El agua penetraría en su interior rellenando todo su volumen y afectando a la EB del Mohíno. Por otra parte, la entrada de agua en el centro de control y transformadores situados en el edificio principal provocaría graves daños eléctricos, inutilizando el sistema de bombeo durante un largo periodo de tiempo.

Para evitar los daños, se propone la adquisición e instalación de barreras desmontables que permiten su colocación en caso de inundación y la sobrelevación de los muros de hormigón de la cántara de aspiración con un 1 m más del actual.

7.3. ALTERNATIVA 1. PROTECCIÓN FRENTE A INUNDACIONES ASOCIADAS A UN PERIODO DE RETORNO DE 100 AÑOS

Incluye la instalación de una compuerta metálica en la entrada de la cántara de aspiración de la toma del Guadalquivir, de sección rectangular 3,60x2,65 m y accionamiento eléctrico.

La inversión asciende a 30.000 € que se distribuye de la siguiente forma:

- Adquisición, transporte e instalación de la compuerta metálica de 3,60x2,25 m, incluyendo la instalación de un sistema neumático de apertura y cierre (30.000 €).
- Elaboración e implantación de un Plan de Emergencia.

Se considera que estas medidas evitarán completamente los daños en la EB del Mohíno para T100, lo que permitiría la correcta gestión de las infraestructuras, evitando grandes pérdidas a sus usuarios si la inundación coincide con la época de riegos.

Periodo de retorno	Altura de agua (m)	Daño Incremental (€)
T5 - T10	0	225
T10-T100	1,57	506
T100-T500	2,88	771
Daño medio anual		1.502
Pérdida 30 años		45.068

La tabla siguiente recoge la relación beneficio/coste de esta alternativa 1:

Tabla 6. Relación beneficio/coste de la alternativa 1

Explotación zona regable de la CRMDG	Periodo de retorno		
	T=10	T=100	T=500
Altura de agua (m)	0	1,57	2,88
Probabilidad anual	0,1	0,01	0,002
COSTE MEDIDAS DE LA ALTERNATIVA 1			
Instalación compuerta metálica entrada cántara (30.000 €)	30.000		
DAÑOS ALTERNATIVA 1			
Daño residual con las medidas de autoprotección (€)	4.500	6.750	186.000
Daño residual incremental (€)	225	506	771
Daño anual medio (€)	1.502		
Daño residual acumulado en 30 años con las medidas de autoprotección (€)	45.068		
Reducción del daño con las medidas de autoprotección (%)	70,98		
Ratio beneficio/coste	3,68		

7.4. ALTERNATIVA 2. PROTECCIÓN FRENTE A INUNDACIONES ASOCIADAS A UN PERIODO DE RETORNO DE 500 AÑOS

Incluye la instalación de una compuerta metálica en la entrada de la cántara de aspiración de la toma del Guadalquivir, de sección rectangular 3,60x2,65 m y accionamiento eléctrico, la adquisición e instalación de compuertas desmontables y la sobrelevación del muro perimetral de la cántara de aspiración.

La inversión asciende a 47.095 € que se distribuye de la siguiente forma:

- Adquisición, transporte e instalación de la compuerta metálica de 3,60x2,25 m, más instalación sistema neumático de apertura y cierre (30.000 €).
- Instalación de compuertas desmontables de las siguientes características:

Tabla 7. Características de compuertas desmontables EB del Mohino			
Tipo de compuertas desmontables	Unidades	Precio (€)	Total (€)
<i>FloodGate</i>	2	800	1.600
Aluminio 2,0 x 0,5 m	5	1.785	8.925
Aluminio 4,0 x 0,5 m	1	3.570	3.570
Total			14.095

- Elaboración e implantación de un Plan de Emergencia.

Se considera que estas medidas evitarán completamente los daños en la EB del Mohino para T500, permitiendo, a su vez, la correcta gestión de las infraestructuras, evitando grandes pérdidas a sus comuneros.

Periodo de retorno	Altura de agua (m)	Daño incremental (€)
T5 - T10	0	225
T10-T100	1,57	506
T100-T500	2,88	63
Daño medio anual		794
Pérdida 30 años		23.828

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

Explotación zona regable de la CRMDG	Periodo de retorno		
	T=10	T=100	T=500
Altura de agua (m)	0	1,57	2,88
Probabilidad anual	0,1	0,01	0,002
COSTE MEDIDAS DE LA ALTERNATIVA 2			
Instalación compuerta metálica entrada cántara (30.000 €)	47.095		
Barreras desmontables (14.095 €)			
Sobrelevación muro perimetral cántara (3.000 €)			
DAÑOS ALTERNATIVA 2			
Daño residual con las medidas de autoprotección (€)	4.500	6.750	9.000
Daño residual incremental (€)	225	506	63
Daño anual medio (€)	794		
Daño residual acumulado en 30 años con las medidas de autoprotección (€)	23.828		
Reducción del daño con las medidas de autoprotección (%)	84,66		
Ratio beneficio/coste	2,79		

7.5. ANÁLISIS COMPARATIVO DE ALTERNATIVAS

La elección de la alternativa más adecuada vendrá de comparar el esfuerzo inversor, la relación de beneficio/coste y el porcentaje de reducción del daño conseguido en cada una de ellas. La tabla siguiente recoge esta comparación con los indicadores más significativos.

Escenario	Coste de la alternativa (€)	Reducción daño (%)	Ratio beneficio/coste
Alternativa 1	30.000	70,98	3,68
Alternativa 2	45.068	84,66	2,79

8. CONCLUSIONES

- **Identificación del riesgo.** El riesgo de inundación está asociado con el desbordamiento lateral del caudal circulante del río Guadalquivir tras episodios de tormentas de gran intensidad. Estos desbordamientos pueden generar importantes daños en las infraestructuras gestionadas por la CRMDG, especialmente, en la EB del Mohíno y en la red de distribución, en menor medida.

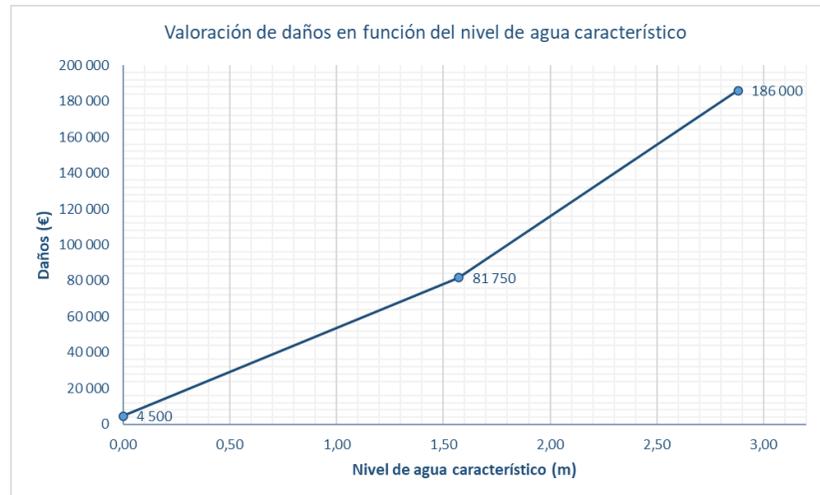
Según la cartografía del SNCZI los elementos vulnerables de la EB del Mohíno se verían afectados por las inundaciones asociadas con la T100 y la T500, con calados de 1,57 y 2,88 m, respectivamente.

- **Grado de resiliencia actual frente a las inundaciones.** La CRMDG conoce las causas de las inundaciones, los mecanismos por los que el agua entra en sus tierras, así como los activos que se ven afectados. El nivel actual de concienciación y preparación del personal y de la explotación al riesgo de inundación es alto, aunque presenta oportunidades de mejora.
- **Medidas de autoprotección ya adoptadas.** Tras las inundaciones de 2010, la CRMDG contrató pólizas de seguros para las infraestructuras. Sin embargo, esta medida no evita los daños físicos en las infraestructuras ni incluye en su cobertura las potenciales damnificaciones a los usuarios por la falta de agua para riego.
- **Medidas de autoprotección propuestas.** Para mejorar la resiliencia de la explotación a las inundaciones se han propuesto diferentes medidas de autoprotección. En concreto: 1) sellado de la entrada a la cántara de aspiración de la EB del Mohíno mediante compuerta metálica de accionamiento eléctrico, 2) adquisición de compuertas tipo *floodgate* para las entradas individuales e instalación de compuertas desmontables modulares de aluminio para los portones, 3) recrecimiento del muro de hormigón que delimita la cántara de aspiración, y 4) elaboración e implantación de un plan de emergencia.
- **Alternativas consideradas para reducir el riesgo:** Se han propuesto y valorado dos alternativas de medidas de autoprotección: 1) Protección frente a inundaciones asociadas a un periodo de retorno de 100 años y 2) Protección frente a inundaciones asociadas a un periodo de retorno de 500 años.
- **Comparación de las alternativas propuestas.** La alternativa 1 requiere una inversión de 30.000 €, reduce un 70,98% los daños provocados por inundaciones y tiene una relación beneficio/coste de 3,68 puntos. Por su parte, la segunda alternativa requiere de una inversión de 47.095 €, reduce un 84,66% los daños y proporciona una relación beneficio/coste de 2,79.

Julio, 2022

1. ANEXO. VALORACIÓN DE LOS DAÑOS POTENCIALES

Valoración de daños. Situación actual													
Elementos de la Explotación	Medición		Valor de la explotación		Periodo retorno								
	Unidad (ud)	Valor	Precio/ud (€/ud)	Precio total (€)	T10			T100			T500		
					Nivel (m)	Afección (%)	Pérdidas (€)	Nivel (m)	Afección (%)	Pérdidas (€)	Nivel (m)	Afección (%)	Pérdidas (€)
EB del Mohino													
Grupo motobombas	ud	6	25.000	150.000	0	0	0	1,57	50	75.000	2,88	60	90.000
Centro de control	ud	1	40.000	40.000	0	0	0	0	0	0	0,24	30	12.000
Transformadores	ud	5	15.000	75.000	0	0	0	0	0	0	0,24	100	75.000
Infraestructura Riego													
Restauración del terreno	ud	3	5.000	15.000	2,70	30	4.500	4,50	45	6.750	5,60	60	9.000
Total				280.000			4.500			81.750			186.000



Valoración de daños. Alternativa 1													
Elementos de la Explotación	Medición		Valor de la explotación		Periodo retorno								
	Unidad (ud)	Valor	Precio/ud (€/ud)	Precio total (€)	T10			T100			T500		
					Nivel (m)	Afección (%)	Pérdidas (€)	Nivel (m)	Afección (%)	Pérdidas (€)	Nivel (m)	Afección (%)	Pérdidas (€)
EB del Mohino													
Grupo motobombas	ud	6	25.000	150.000	0	0	0	1,57	0	0	2,88	60	90.000
Centro de control	ud	1	40.000	40.000	0	0	0	0	0	0	0,24	30	12.000
Transformadores	ud	5	15.000	75.000	0	0	0	0	0	0	0,24	100	75.000
Infraestructura Riego													
Restauración del terreno	ud	3	5.000	15.000	2,70	30	4.500	4,50	45	6.750	5,60	60	9.000
Total				280.000			4.500			6.750			186.000

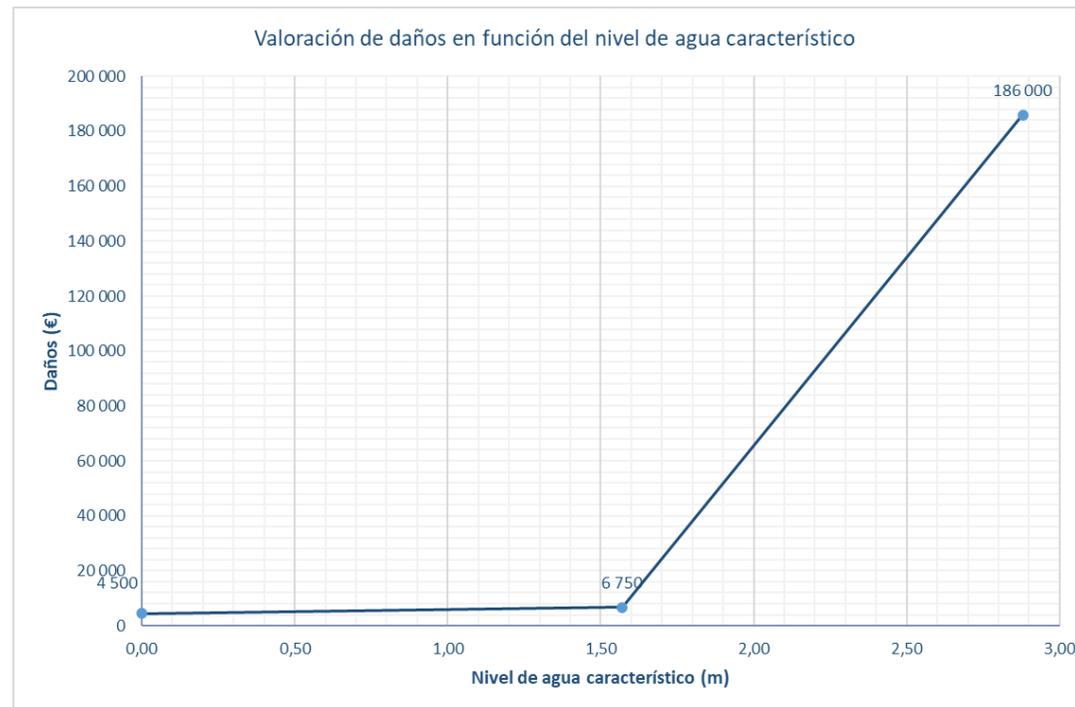


Gráfico 3. Curva de daños de la explotación agraria. Alternativa 1

Valoración de daños. Alternativa 2													
Elementos de la Explotación	Medición		Valor de la explotación		Periodo retorno								
	Unidad (ud)	Valor	Precio/ud (€/ud)	Precio total (€)	T10			T100			T500		
					Nivel (m)	Afección (%)	Pérdidas (€)	Nivel (m)	Afección (%)	Pérdidas (€)	Nivel (m)	Afección (%)	Pérdidas (€)
EB del Mohino													
Grupo motobombas	ud	6	25.000	150.000	0	0	0	1,57	0	0	2,88	0	0
Centro de control	ud	1	40.000	40.000	0	0	0	0	0	0	0,24	0	0
Transformadores	ud	5	15.000	75.000	0	0	0	0	0	0	0,24	0	0
Infraestructura Riego													
Restauración del terreno	ud	3	5.000	15.000	2,70	30	4.500	4,50	45	6.750	5,60	60	9.000
Total				280.000			4.500			6.750			9.000

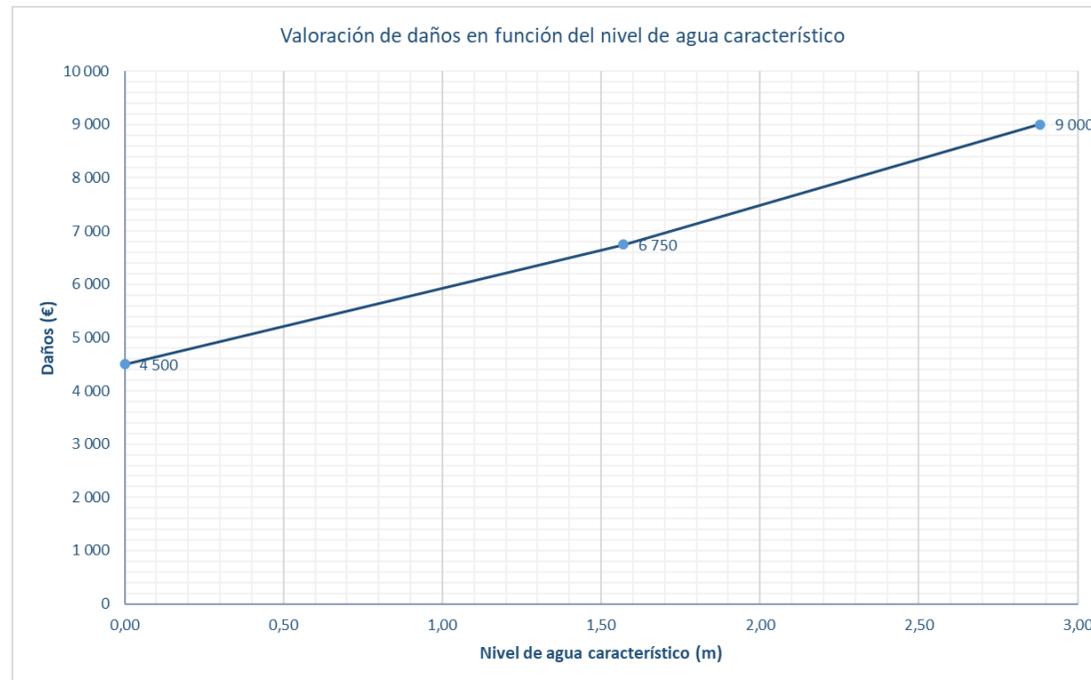


Gráfico 4. Curva de daños de la explotación agraria. Alternativa 2