



COMUNIDAD
DE REGANTES
DEL
VALLE
INFERIOR
DEL
GUADALQUIVIR



ETSIA
Universidad de Sevilla

TRABAJO FIN DE MÁSTER
MÁSTER EN INGENIERÍA AGRONÓMICA

**EVALUACIÓN DE LOS TRATAMIENTOS PARA EL CONTROL DE
LAS ESPECIES INVASORAS EN LAS INSTALACIONES DE RIEGO
DE LA COMUNIDAD DE REGANTES DEL VALLE INFERIOR DEL
GUADALQUIVIR**

Autor:
Manuel Lemos Zambrano

Tutor:
Don Gregorio Egea Cegarra

Sevilla, 30 de abril de 2024

ÍNDICE

1. Introducción y Antecedentes

2. Objetivos

3. Memoria descriptiva

4. Estudio económico

5. Conclusiones

6. Recomendaciones

1- Introducción y Antecedentes

1.1. Introducción

- Las Especies Exóticas Invasoras (EEI), se definen como aquellas cuya introducción y propagación, fuera de su ámbito ecológico natural, constituyen una amenaza real para la biodiversidad y la economía (Comisión Europea DG ENV, 2014).
- Características de las EEI:
 - Amplio espectro trófico
 - Elevada tasa de crecimiento y reproducción
 - Euritípicas
 - Facilidad de hibridación
 - Flexibilidad y plasticidad fenotípica
- Características del hábitat receptor:
 - Elevada densidad de vectores
 - Hábitats perturbados
 - Ausencia de depredadores



1- Introducción y Antecedentes

1.1. Introducción

- Gran impacto económico: Mundo (1 trillón \$). Europa (12 billones €)
- Evolución de las especies exóticas (EE):
 - EE mueren si el ambiente no es favorable
 - Especies adventicias o no establecidas
 - Especies naturalizadas o establecidas
 - Especies exóticas invasoras
- Especies en estudio:
 - Almeja asiática (*Corbicula fluminea*)
 - Briozoos (*Plumatella*, sp.)
 - Mejillón cebra (*Dreissena polymorpha*)



1- Introducción y Antecedentes

1.2. Clasificación de las EEI

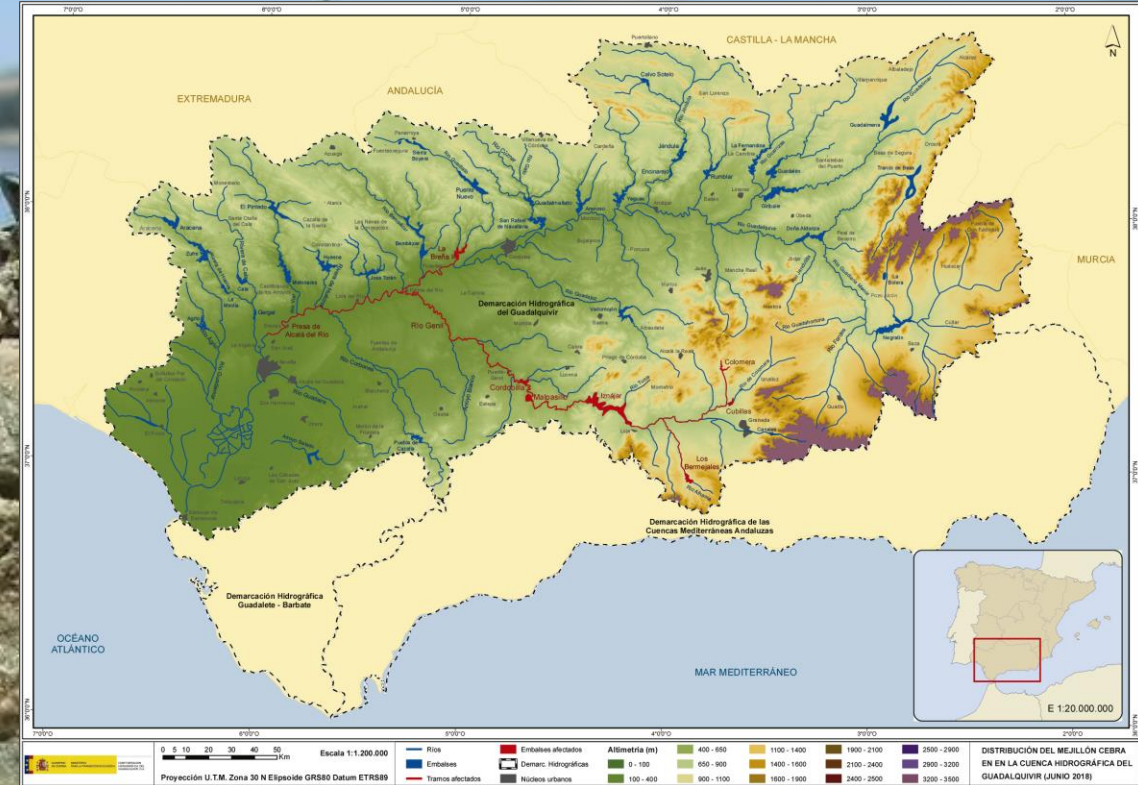
- Ley 42/2007, de 13 de diciembre, del Patrimonio Natural y de la Biodiversidad. Artículo 64. Catálogo Español de Especies Exóticas Invasoras
- *Plumatella* sp., no está incluida en este catálogo

CATÁLOGO ESPAÑOL DE ESPECIES EXÓTICAS INVASORAS					
Grupos taxonómicos	Familias	Géneros	Especies	Variedad/subespecie	Total taxones
Hongos			1		1
Algas			15		15
Flora		5	64		69
Invertebrados no artrópodos			17		17
Artrópodos no crustáceos		2	17		19
Crustáceos			12		12
Peces		1	21		22
Anfibios			4		4
Reptiles	1		6		7
Aves		4	13		17
Mamíferos	2	1	12	1	16
Total					199

1- Introducción y Antecedentes

1.3. Clasificación y Catalogación de las masas de agua

- Estrategia nacional para el control del mejillón cebra
- **Ámbito:** aguas superficiales, naturales o artificiales, y estuarinas de España
- **Clasificación de las masas de agua**
 - Masas de agua afectadas
 - Masas de agua no afectadas
 - Masas de agua de especial protección
 - Masas de agua cerradas
- **3 niveles de infección por mejillón cebra (Diputación de Córdoba y CHG)**
 - Prealerta
 - Alerta
 - Alarma



1- Introducción y Antecedentes

1.4. Especies en estudio (Almeja asiática)

ALMEJA ASIÁTICA (<i>CORBICULA FLUMINEA</i>)	
Identificación	Grupo taxonómico: Fauna. Phylum: Mollusca. Clase: Bivalvia. Orden: Veneroidea. Familia: <i>Corbiculidae</i> . 3-5 cm de longitud. Valvas ovaladas duras y con estrías. Tonalidades marrones, verdosas y/o amarillentas
Cronología de la invasión	Origen: Nativa del Sur, Este de Asia, Australia y África. En 1981 se introduce en la CHT. En 1993 aparece en la CHG
Vías de entrada y expansión	Accidental: agua de lastre de los barcos, adheridas a los cascos de las embarcaciones y aves, alimento de peces migradores. Intencionada: fines gastronómicos, cebo para pesca, alimento en acuariofilia
Biología	7 años. Alimentación: algas y detritos. Reproducción sexual, hermafrodita y autofertil. Se fijan al sustrato o vegetación. 2 ciclos reproductivos anuales. Elevada prolificidad (100.000 larvas por almeja)
Requerimientos ambientales y hábitat	Agua dulce. Sensibles a la contaminación. Prefieren arenas limpias y finas, arcillas y sustratos de arenas gruesas. Temperatura óptima del medio: 12-30 °C
Localización en C.R.V.I.G.	2010. Filtros cazapiedras por arrastre en las tuberías. Solera del canal y fondo de balsas. Arquetas de filtros rotativos
Impactos en C.R.V.I.G.	Obstruyen filtros cazapiedras. Colonización de arquetas de filtrado y llenado de balsas Deterioro de elementos de control de hidrantes. Disminución de la sección hidráulica. Pérdida de caudal, presión y horas de riego



1- Introducción y Antecedentes

1.4. Especies en estudio (Almeja asiática)

1- Introducción y Antecedentes

1.4. Especies en estudio (Briozoos)

BRIOZOOS (<i>PLUMATELLA</i> , <i>SP.</i>)	
Identificación	Grupo taxonómico: Fauna. Phylum: Bryozoa. Clase: Phylactolaemata. Orden: Plumatellida. Familia: <i>Plumatellidae</i> . Longitud < 0,5 mm y forma tubular. Colonias ramificadas y cubiertas por el exoesqueleto. “Animal musgo”
Cronología de la invasión	2004: afecta a agricultores de la CHG. 2013: Comunidades de Regantes modernizadas con riego a presión y embalses del SRG.
Vías de entrada y expansión	Polizón en los barcos trasatlánticos. Comienzo de expansión en los ríos Cávado, Ave, Duero, Vouga y Mondego
Biología	Colonias hermafroditas. Estructura de resistencia (estatoblastos) producidos en otoño e invierno. En primavera los estatoblastos generan nuevas ancéstrula.
Requerimientos ambientales y hábitat	Viven adheridos a sustratos duros. Sobreviven en los fondos oscuros (hasta 100 m). Se alimentan de fitoplancton. Temperaturas cálidas (15-28 °C).
Localización en C.R.V.I.G.	2011. Tomas flotantes, filtros rotativos, aspiraciones de las bombas, paredes de las tuberías, filtros cazapiedras y sistema de riego de regantes. Asesoramiento inicial por EMASESA
Impactos en C.R.V.I.G.	Colmatación de las infraestructuras. Reducción de la sección hidráulica y capacidad de balsas. Deterioro de los elementos metálicos. Pérdida de caudal, presión y horas de riego. Aumento del consumo de agua



1- Introducción y Antecedentes

1.4. Especies en estudio (Briozos)

1- Introducción y Antecedentes

1.4. Especies en estudio (Mejillón Cebra)

MEJILLÓN CEBRA (<i>DREISSENA POLYMORPHA</i>)	
Identificación	Grupo taxonómico: Fauna. Phylum: Mollusca. Clase: Bivalia. Orden: Veneroida. Familia: <i>Dreissenidae</i> . Molusco bivalvo de agua dulce. Longitud máxima: 3 cm. Concha triangular con borde romo y bandas en zigzag
Cronología de la invasión	Origen: Mares Negro y Caspio. En el siglo XIX se expande por Europa y en los años 80 por Norteamérica. 2001: río Ebro. 2009: embalse de los Bermejales (DHG). La propagación en la Cuenca del Guadalquivir es a través del río Genil
Vías de entrada y expansión	Trasiego de embarcaciones y materiales de pesca y actividades acuáticas, trasvases entre cuencas, agua para el transporte de peces y captaciones de agua de riego y abastecimiento
Biología	2 ciclos reproductivos anuales (primavera y otoño). Unisexuales. Fase larvaria (14-21 días): se localiza en la columna de agua. Fase adulta (3 años): fijados a un sustrato
Requerimientos ambientales y hábitat	Temperatura: 0-32 ° C. Profundidad del agua: 0-60 m. Tolerancia a salinidad y Cl. Resistencia fuera del agua hasta 10 días. Velocidad del agua < 1,5 m/s. Se alimentan de plancton y sedimentos.
Localización en C.R.V.I.G.	2016. Canal, Balsas, obras de toma, arquetas, hidrantes y adheridos a las paredes de tuberías
Impactos en C.R.V.I.G.	Obturación de rejillas, obras de toma y filtros cazapiedras. Reducción de la sección de las tuberías. Deterioro de los elementos metálicos. Pérdida de caudal, presión y horas de riego.



1- Introducción y Antecedentes

1.4. Especies en estudio (Mejillón cebra)



2- Objetivos

2.1. Objetivos generales

- Evaluación de las estrategias de control y/o erradicación de las EI en la C.R.V.I.G.
- Resultados y conclusiones de estudios realizados en la C.R.V.I.G.
- Desarrollo profesional en este ámbito como Ingeniero de la C.R.V.I.G.
- Divulgación de conocimientos y experiencias en el control de las EI

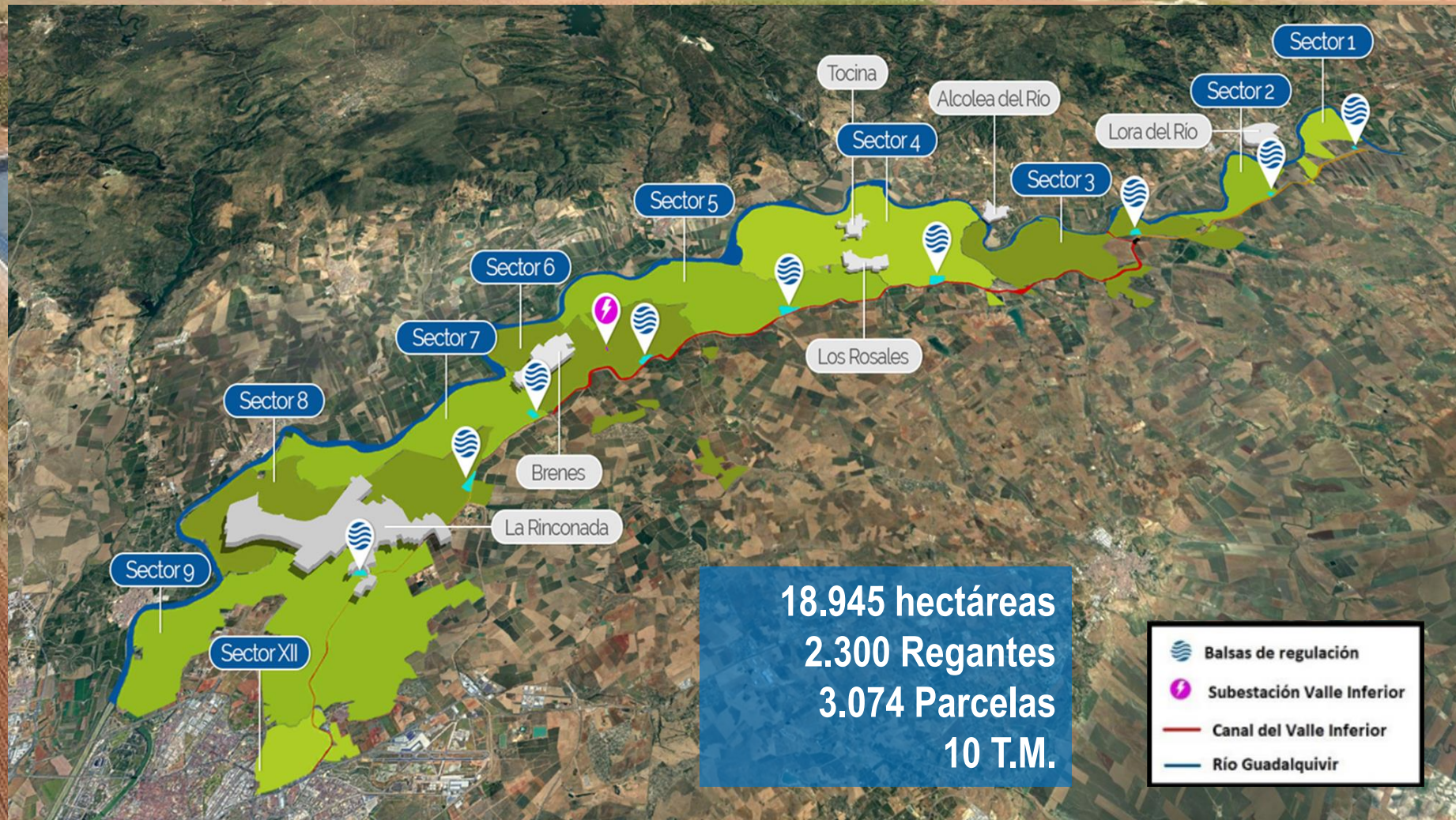
2.2. Objetivos específicos

- Determinación de los tratamientos más viables
- Establecimientos de protocolos y estrategias de lucha contra las EI
- Propuesta de nuevas soluciones innovadoras en el control de las EI



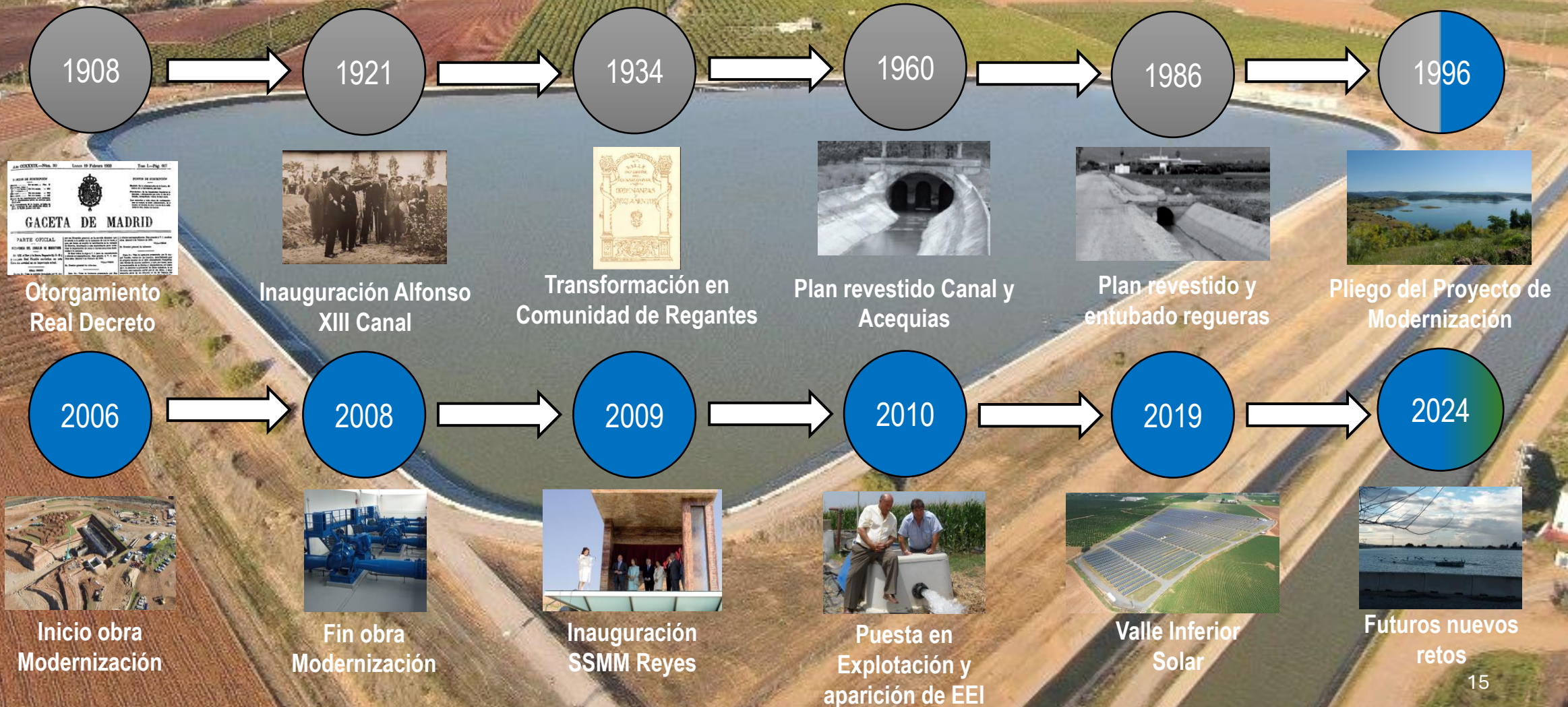
3- Memoria Descriptiva

3.1. Caso de estudio (Presentación)



3- Memoria Descriptiva

3.1. Caso de estudio (Historia)



3- Memoria Descriptiva

3.1. Caso de estudio (Zona Regable)

- **Clima mediterráneo-seco**
- **Dotación: 6.000 m³/ha (4,000 m³/ha en 2024)**
- **Sistema de riego en parcela:**
 - Riego localizado (67 %)
 - Riego por superficie (30 %)
 - Riego por aspersión (3 %)
 - Anterior a la modernización: 70 % (superficie) y 30 % (goteo)
- **Distribución de cultivos:**
 - Cultivos permanentes: 57 %
 - Cultivos anuales: 43 %



Cultivos	Superficie (ha)	% sobre el total
Cítricos	8.008,16	42,72
Frutales	1.024,46	5,41
Olivar	689,40	3,64
Almendros	500,09	2,64
Hortícolas	255,74	1,35
Alfalfa	214,13	1,13
Viveros	132,84	0,70
Palmeras	45,16	0,24
Trigo	1.647,16	8,69
Patatas	1.548,15	8,17
Girasol	1.077,82	5,69
Algodón	1.065,97	5,63
Barbecho	1.351,30	6,67
Tomates	325,08	1,72
Otros	266,26	1,41
Sandías	192,59	1,02
Remolachas	167,54	0,88
Maíz grano	80,04	0,42
Zanahorias	76,48	0,40
Habas	61,55	0,32
Cebollas	59,81	0,32
Maíz dulce	53	0,28
Rosales	44,63	0,24
Melón	31,31	0,17
Avena	15,45	0,08
Quinoa	10,88	0,06
Total	18.945	100



3- Memoria Descriptiva

3.1. Caso de estudio (Circuito hidráulico)

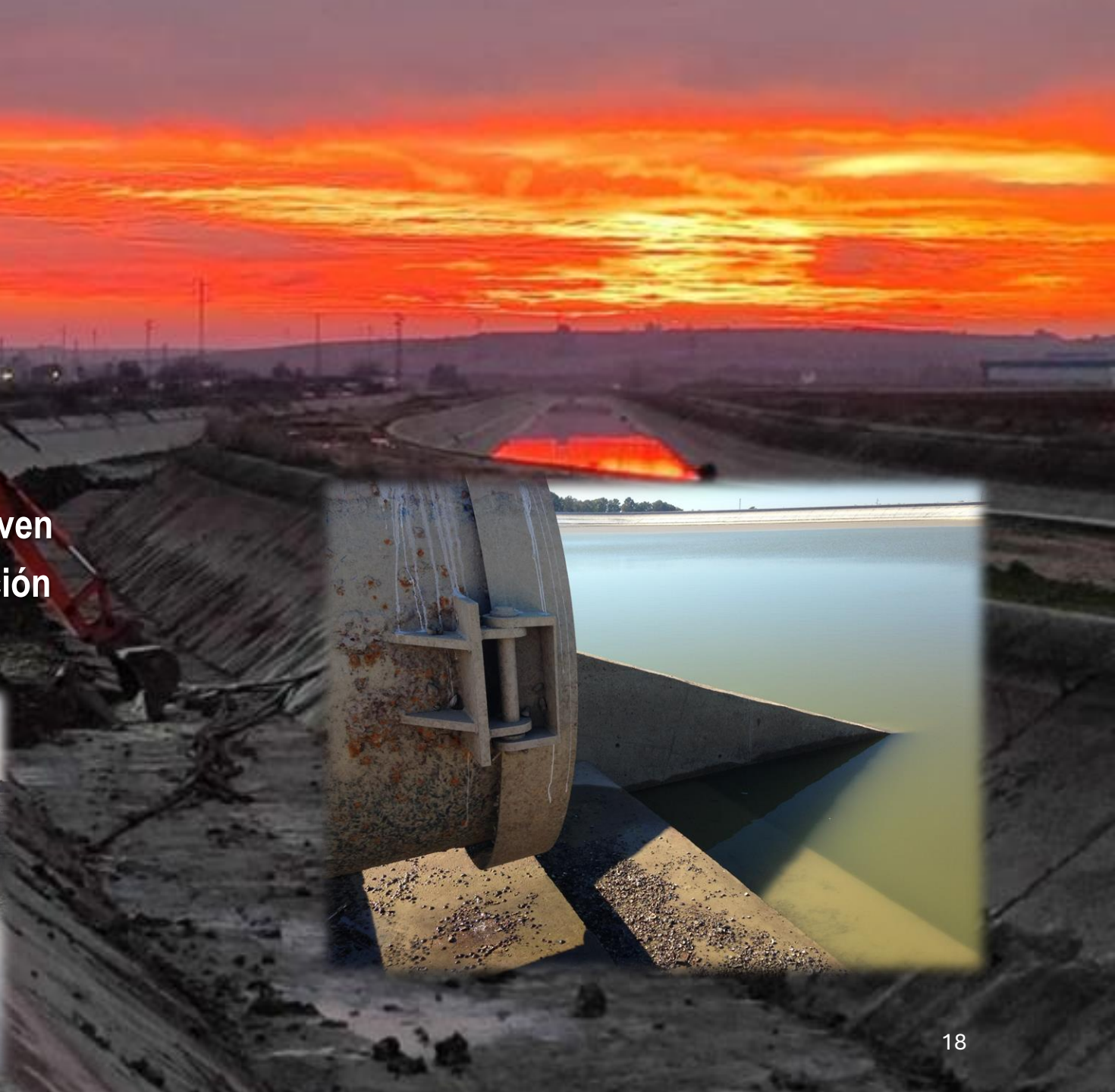


3- Memoria Descriptiva

3.2. Tratamientos físicos

➤ Desección

- Vaciado total o parcial de las infraestructuras
- Balsas, arquetas y canal
- Las especies estudiadas no sobreviven
- Limitación en el momento de actuación
- Periodo mínimo: 5-6 días



3- Memoria Descriptiva

3.2. Tratamientos físicos

➤ Ultrasonidos

- Fenómeno de cavitación acústica (↑ T y P)
- Sistema antifouling
- Ensayo con equipo DUMO algacleaner ACM-150 en arqueta de filtrado
- ↑ Profundidad ↑ Concentración de briozoos
- ↓ Germinación de estatoblastos
- Prueba en sector VI (arqueta de línea)
- Sin evaluación del desarrollo de los briozoos con la tubería en carga



3- Memoria Descriptiva

3.2. Tratamientos físicos

➤ Pintura antifouling

- Incrustaciones de mejillón cebra y briozoos
- Arquetas de llenado de balsa y filtrado
- Limpieza con agua a presión y HCl
- Pintura antiincrustante Sigma Ecofleet 530
- Protección hasta 60 meses

➤ Adaptación filtros cazapiedras

- Colmatación por mejillón cebra, almeja asiática y briozoos
- Dedicación especial personal de campo
- Filtro STF de efecto ciclónico en Y
- Mayor grado de filtración

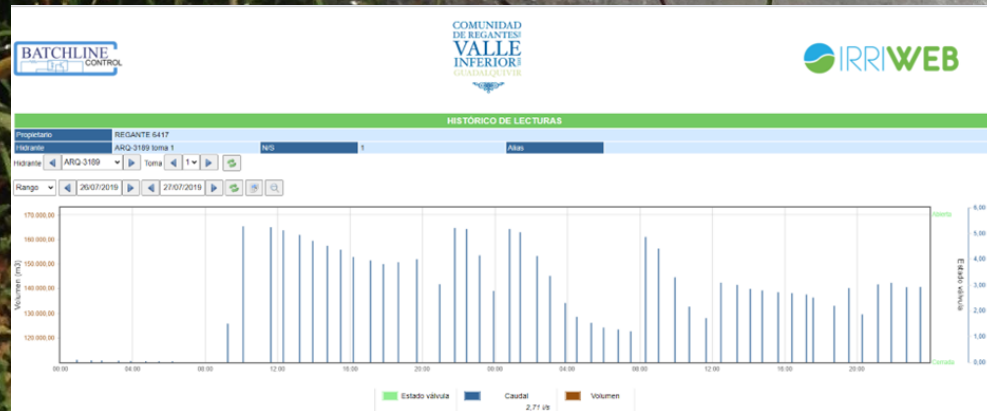


3- Memoria Descriptiva

3.2. Tratamientos físicos

➤ Operaciones de sobrevelocidades

- Arrastre de EEl en la red de tuberías
- Evacuación por elementos de desagües
- Periodos: antes y después de la campaña de riego
- Presión de trabajo: 38 m.c.a.
- Velocidad del agua > 2 m/s



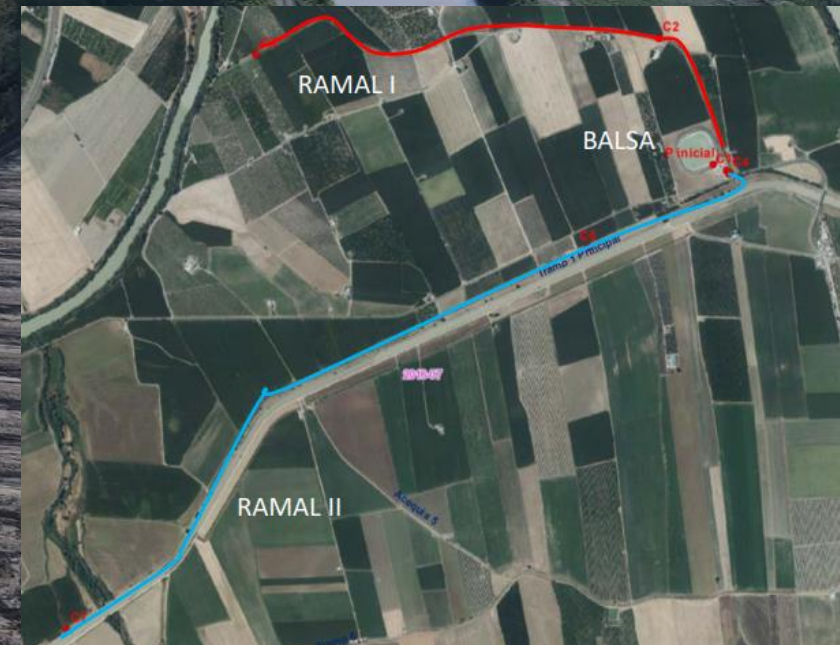
3- Memoria Descriptiva

3.3. Tratamientos químicos

➤ Ácido sulfuroso (H_2SO_3)

- Quemador de azufre: $\text{S} + \text{O}_2 \longrightarrow \text{SO}_2 + \text{H}_2\text{O} \longrightarrow \text{H}_2\text{SO}_3$
- Agua tratada: $\text{H}_2\text{SO}_3 + \text{O}_2 \longrightarrow 2 \text{H}_2 + 2\text{SO}$

- ↓ pH y O_2
- ↓ pH 1,5 (Briozoos) ↓ O_2 1 mg/l (mejillón cebra y almeja asiática)
- Apto para los materiales de riego
- Prueba en ramales del sector I
- O_2 en desagüe menor a 1 mg/l
- Tubería cerrada durante doce días
- Operaciones de sobrevelocidades tras el tratamiento
- Limitación en redes de grandes dimensiones



3- Memoria Descriptiva

3.3. Tratamientos químicos

➤ Productos peroxiacéticos

- OX-VIRIN (25% H_2O_2 , 8% $C_2H_4O_2$, 5% CH_3CO_3H)
- Octubre-Noviembre (independiente de las condiciones climáticas)
- Procedimiento:
 - ❖ Vaciado de la red de tuberías
 - ❖ Instalación bomba inyectora y aplicación en arqueta de filtrado
 - ❖ Aplicación del producto por ramales
 - ❖ Cerrar desagües si $H_2O_2 > 10$ mg/l
 - ❖ Tubería cerrada durante 24-48 horas
 - ❖ Operaciones de sobrevelocidades



4- Estudio Económico

Evaluación de los tratamientos

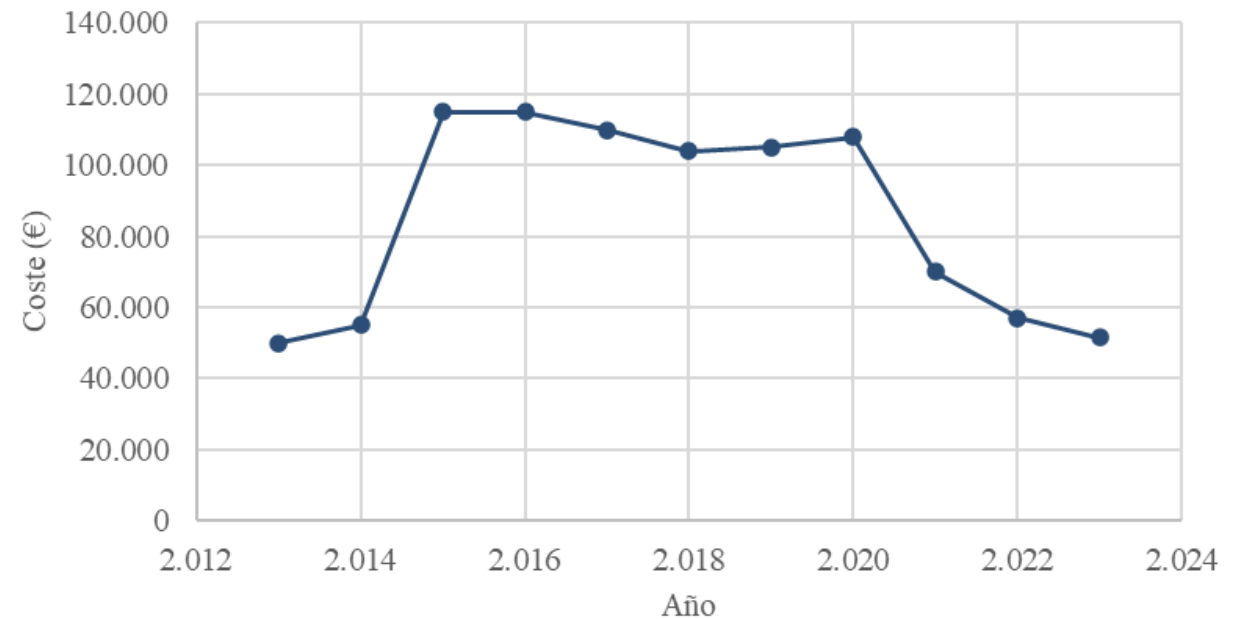
➤ Partidas de mantenimiento (C.R.V.I.G)

- Tratamiento de agua
- Mantenimiento de hidrantes
- Construcción y adaptación de desagües

➤ Efectividad

- Desecación ✓
- Ultrasonidos ✗
- Pintura antifouling ✓
- Adaptación filtros cazapiedras ✗
- Operaciones de sobrevelocidades ✓
- Ácido sulfuroso ✗
- Productos peroxiacéticos ✓

Evolución de los costes de mantenimiento por EEI



5- Conclusiones

- La erradicación total de las EEI es prácticamente imposible, por lo que debemos convivir con ellas
- Es fundamental conocer la ecología y biología de las EEI para luchar contra ellas
- Los ciclos reproductivos de las EEI dificultan realizar los ensayos en las infraestructuras de riego durante el periodo estival, debido a la gestión del recurso hídrico
- En la Zona Regable, el mejillón cebra es la especie más resistente, seguido por los briozoos y, por último, la almeja asiática
- La capacidad de las almejas y mejillones de cerrar sus valvas en presencia de productos químicos hacen que muchos tratamientos no sean eficaces, siendo necesario que estos permanezcan activos dentro de las tuberías
- El tratamiento químico más efectivo para la Comunidad de Regantes es la aplicación de productos peroxiacéticos, seguidos de generación de sobrevelocidades para la purga de las tuberías
- La combinación de la desecación y la aplicación de pintura antifouling en arquetas de hormigón y estructuras metálicas permite la protección de forma económica y eficiente frente al mejillón cebra y los briozoos

6- Recomendaciones

- Proyectar desagües de fondo en las balsas para que la desecación sea más eficaz y rápida
- Proyectar la construcción de paredes lisas en arquetas en contacto directo con el agua y protegerlas con pintura antifouling
- En los diseños de los proyectos, es necesario incluir desagües de purga en las redes de tuberías de distribución
- La longitud de los ramales de riego debe ser menor de 500 metros, con el fin de seccionar la red para su correspondiente limpieza
- Diseñar medios de control para la evolución de las EEI, tales como sogas de rescate, placas de PVC y puntos de inspección en el interior de la red de tuberías para el control remoto de estas especies
- Los filtros de anillas con limpieza automática poseen los mayores rendimientos de filtrado con la presencia de briozoos en las instalaciones de los regantes
- En los sistemas de riego por goteo es recomendable usar hipoclorito de sodio, ya sea de forma preventiva o curativa



COMUNIDAD
DE REGANTES
DEL
VALLE
INFERIOR
DEL
GUADALQUIVIR



ETSIA
Universidad de Sevilla

**EVALUACIÓN DE LOS TRATAMIENTOS PARA EL CONTROL DE LAS ESPECIES INVASORAS
EN LAS INSTALACIONES DE RIEGO DE LA COMUNIDAD DE REGANTES DEL VALLE
INFERIOR DEL GUADALQUIVIR**

¡MUCHAS GRACIAS POR SU ATENCIÓN!

Preguntas y sugerencias

Sevilla, 30 de abril de 2024