

Centro de Estudios Hidrográficos

CEDEX

Guías para la gestión del riesgo del agua regenerada en regadío

Isabel León Martín
Área de Tecnologías del Agua
Centro de Estudios Hidrográficos del CEDEX

GOBIERNO DE ESPAÑA
MINISTERIO DE TRANSPORTES, MOVILIDAD Y AGENDA URBANA
VICEPRESIDENCIA TERCERA DE GOBIERNO
MINISTERIO PARA LA TRANSICIÓN ECOLÓGICA Y EL RETO DEMOGRÁFICO
CEDEX CENTRO DE ESTUDIOS Y EXPERIMENTACIÓN DE OBRAS PÚBLICAS

Indice

Marco normativo y de referencia 1

Conceptos básicos 2

Análisis del enfoque multibarrera 3

Modelo de plan de gestión del riesgo 4

Fichas análisis y gestión del riesgo 5

Metodología evaluación riesgo sanitario 6

Metodología evaluación riesgo medioambiental 7

Reflexiones y próximos pasos 8



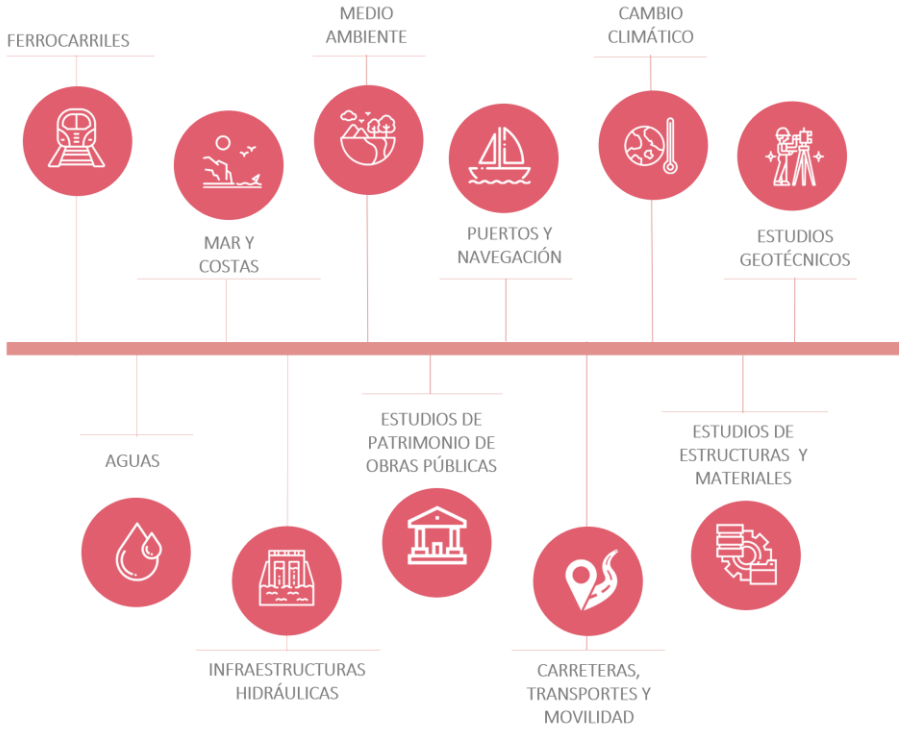
CEDEX

Centro de Estudios y Experimentación de Obras Públicas

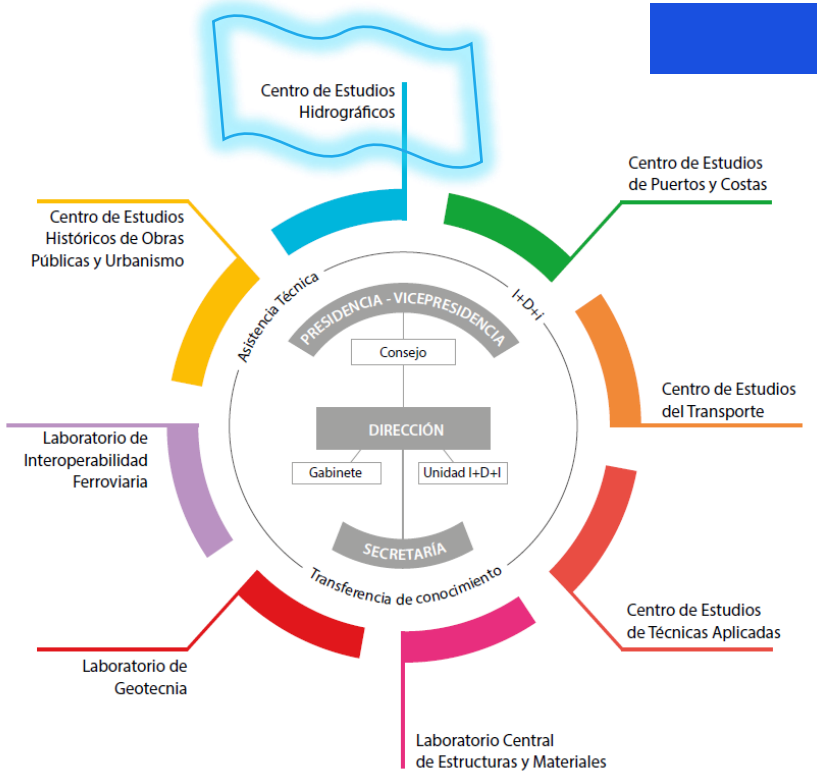
- Organismo autónomo de la Administración General del Estado

https://www.cedex.es/

- Actividades del CEDEX en el campo de la ingeniería civil y el medioambiente, en diferentes centros y laboratorios:







Antecedentes

CEDEX
Centro de Estudios Hidrográficos

- Apoyo Técnico a la Dirección General del Agua del Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico desde 2015:
  - Caso Piloto: Pinedo – Acequia del Oro
  - Negociación del Reglamento (UE) 2020/741 de Reutilización (Consejo)
  - Grupo de Trabajo de Reutilización de Agua:
    - Comisión Europea
      - Directrices para apoyar el reglamento.
      - Reglamento delegado sobre elementos clave de la gestión del riesgo
    - Centro Común de Investigación de la Comisión Europea
      - Bases técnicas del Reglamento de Reutilización
      - Guía técnica de planes de gestion del riesgo



- Colaboración en la revision de borradores del Reglamento de reutilización nacional

1.

Marco normativo y de referencia

Marco normativo y de referencia a nivel europeo

REGLAMENTO (UE) 2020/741 DEL PARLAMENTO EUROPEO Y DEL CONSEJO de 25 de mayo de 2020 relativo a los **requisitos mínimos** para la **reutilización** del agua.

REGLAMENTO DELEGADO (UE) 2024/1765 DE LA COMISIÓN de 11 de marzo de 2024 por el que se completa el Reglamento (UE) 2020/741 del Parlamento Europeo y del Consejo en lo que respecta a las **especificaciones técnicas** de los elementos clave de la **gestión del riesgo**.

COMUNICACIÓN DE LA COMISIÓN Directrices para apoyar la aplicación del Reglamento 2020/741 relativo a los requisitos mínimos para la reutilización del agua (2022/C 298/01).

Technical Guidance Water Reuse Risk Management for Agricultural Irrigation Schemes in Europe. European Commission Joint Research Centre, 2022.

Directiva (UE) 2024/3019 del Parlamento Europeo y del Consejo de 27 de noviembre de 2024 sobre el **tratamiento** de las **aguas residuales** urbanas.

Marco normativo y de referencia a nivel nacional

Real Decreto Legislativo 1/2001, de 20 de julio, por el que se aprueba el texto refundido de la **Ley de Aguas**.

Real Decreto 1085/2024, de 22 de octubre, por el que se aprueba el **Reglamento de reutilización del agua** y se modifican diversos reales decretos que regulan la gestión del agua.

Real Decreto 840/2024, de 27 de agosto, por el que se modifica el Real Decreto 1051/2022, de 27 de diciembre, por el que se establecen normas para la **nutrición sostenible en los suelos agrarios**.

Guía práctica para la elaboración de un Plan Sanitario del agua en una zona de abastecimiento. Ministerio de Sanidad. 2023.

Marco normativo y de referencia a nivel local

Normativa **específica** aplicable a la **zona** (nitratos, zonas de baño, normas de calidad ambiental, higiene alimentaria, etc.) y al **sistema concreto de reutilización** (autorizaciones de vertido, declaración de impacto ambiental…etc).

Caso piloto:
Sistema reutilización Pinedo – Acequia del Oro

Centro de Estudios Hidrográficos

- Inicio en diciembre 2017
- Objetivo 1: Adquirir conocimiento y experiencia para la negociación del Reglamento
- Objetivo 2: Poner en práctica y valorar los elementos de la gestión del riesgo
- Objetivo 3: Desarrollar procedimientos y guías metodológicas de aplicación en España
- Implicados diferentes organismos: EPSAR, explotadores, CH Júcar, DGA (nacional y autonómica), consejerías autonómicas, CR Acequia del Oro, U. de Valencia, CEDEX, etc.

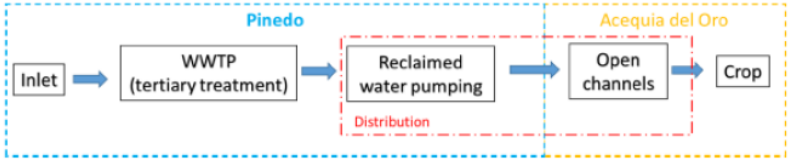
4.2 Case Study 1: Pinedo-Acequia del Or water reuse system, Spain ([9])

MODULE I

System description (KRM1)

The Pinedo-Acequia del Oro water reuse system (Figure CS1.1) is located in Valencia, Spain ([10]). The system is composed by a 1.5 M P.E. biological WWTP (pre-treatment, physicochemical, primary, biological, and secondary treatment) followed by tertiary treatment (physicochemical, sand filtration, UV, chlorination) for the production of reclaimed water that is used to irrigate rice fields (1,200 ha) and vegetables fields (75 ha). The flow of reclaimed water used for irrigation is 15,000 m^3/d during the season September-May, and 180,000 m^3/d between May-September, and it is distributed via a network of 80 km of open channels.

Figure CS1.1. Schematic of the *Pinedo-Acequia del Oro* water reuse system



Parties involved, roles and responsibilities (KRM2)

Information on the roles and responsibilities of the parties involved in this case study is given in Table CS1.1.

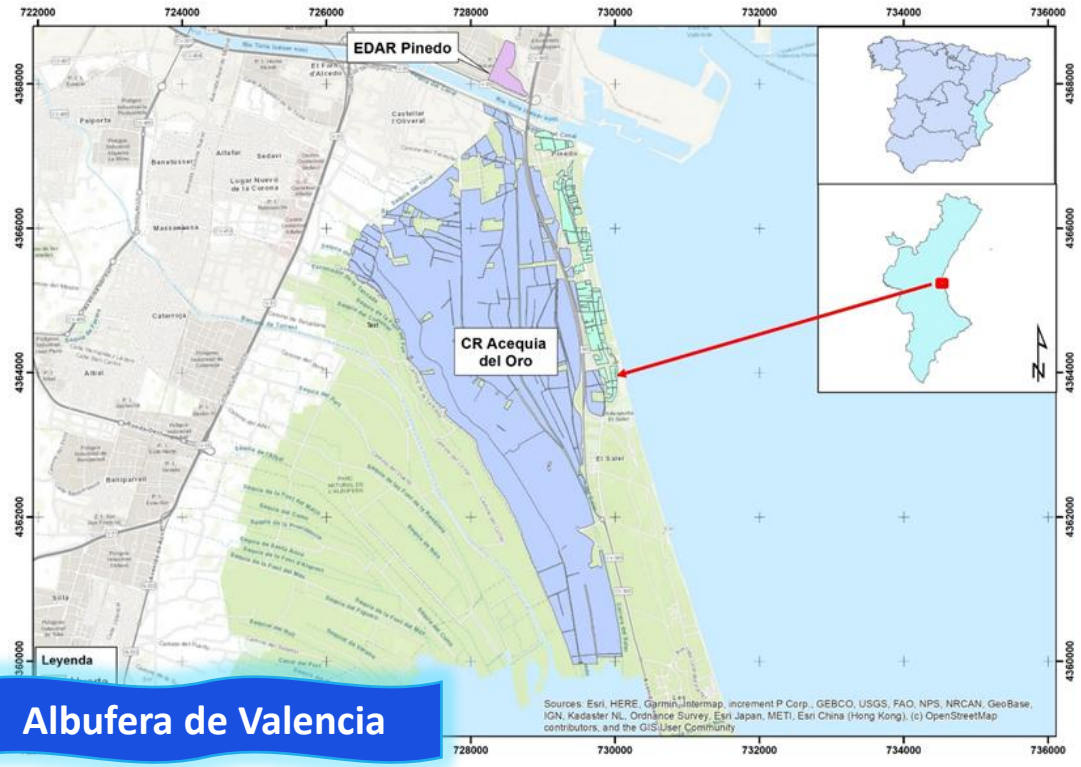
Table CS1.1. Roles and responsibilities of parties involved at the *Pinedo-Acequia del Oro* water reuse system

Parties involved	Roles	Responsibilities
Entitat de Sanejament d'Aigües (EPSAR)	Entity for Sanitation of Valencia	Public Sanitation
Temporal Union of Companies (GOMA-SAV-DAM)	WWTP and reclamation facilities operators	Operations of WWTP and reclamation facility Production and supply of reclaimed water Prepare, review and update the RMP for the production, supply and part of the distribution of reclaimed water Comply with the requirements set out in the RMP

([9]) Contributors: María Leal, CEDEX, Spain. maria.leal@cedex.es; Isabel León, CEDEX, Spain. isabel.leon@cedex.es
([10]) Pinedo WWTP and reclamation facility: https://goo.gl/maps/xkEhzTC9dWfjwMUN8; Irrigation community Canal de Riego del Río Turia - Acequia del Oro: https://goo.gl/maps/PGgawhkZ6CAhHg2w5

Technical Guidance Water Reuse Risk Management for Agricultural Irrigation Schemes in Europe. European Commission Joint Research Centre, 2022.

Descripción general Pinedo – Acequia del Oro



- CR Acequia del Oro
  - Concesión de 32,2 hm^3/año
  - 80 km acequias
  - ~ 1.200 ha cultivo arroz
  - ~ 75 ha huerta
  - Riego por inundación

- EDAR-ERA Pinedo
  - 1.500.000 he
  - Caudal de diseño 375.000 m^3/d
  - FQ + Filtración + UV (+Cl)
- Caudal aguas regeneradas
  - Septiembre – mayo 15.000 m^3/d
  - Mayo – septiembre: 180.000 m^3/d



Normativa de aplicación local caso piloto
Sistema reutilización Pinedo – Acequia del Oro

- Real Decreto 35/2023, de 24 de enero, por el que se aprueba la revisión de los **planes hidrológicos** de las demarcaciones hidrográficas del Cantábrico Occidental, Guadalquivir, Ceuta, Melilla, Segura y **Júcar**, y de la parte española de las demarcaciones hidrográficas del Cantábrico Oriental, Miño-Sil, Duero, Tajo, Guadiana y Ebro.
- Decreto 89/1986, de 8 de julio, del Consell de la Generalitat Valenciana, de régimen jurídico del **Parque Natural de la Albufera**.
- Decreto 13/2000, de 25 de enero, del Gobierno Valenciano, por el que se designan, en el ámbito de la Comunidad Valenciana, determinados municipios como **zonas vulnerables** a la contaminación de las aguas por **nitratos** procedentes de fuentes agrarias.
- Acuerdo de 10 de septiembre de 2002, del Gobierno Valenciano, de aprobación del Catálogo de **Zonas Húmedas de la Comunidad Valenciana**.

Referencias internacionales

Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO)

- FAO, 2023. Water quality in agriculture. Risks and risk mitigation.
- FAO, 1992. Wastewater treatment and use in agriculture - FAO irrigation and drainage paper 47.
- FAO, 1985. Water quality for Agriculture. FAO irrigation and drainage paper 29. Rev.1, FAO. ed. Food and Agriculture Organization.

Autoridades Australianas

- NRMMC-EPHC-AHMC, 2006. Australian guidelines for water recycling: managing health and environmental risks: Phase 1. the Environment Protection and Heritage Council, the Natural Resource Management Ministerial Council and the Australian Health Ministers' Conference., Canberra.

Agencia Medioambiental Estados Unidos

- US-EPA, 2012. Guidelines for Water Reuse. Cincinnati.

Autoridades Medioambientales Portugal

- APA, 2019. Guia para a reutilização de água. Usos não potáveis. Agencia Portuguesa de Ambiente & Água para Reutilização.

Normas ISO

- ISO 16075-1, 2020. Guidelines for treated wastewater use for irrigation projects - Part 1: the basis of a reuse project for irrigation.
- UNE-ISO 16075-1, 2023. Directrices para el uso de agua residual tratada en proyectos de riego. Parte 1: Base de un proyecto de reutilización para riego.

Desarrollo de directrices y herramientas

Guías y herramientas de referencia CEDEX

Empleados y adaptados por las autoridades hídricas, institutos tecnológicos y otras organizaciones para estudios de caso, directrices y recomendaciones

[Guías para la gestión del riesgo del agua regenerada en regadío (2025)]

[MITECO]

VICEPRESIDENCIA TERCERA DEL GOBIERNO

MINISTERIO PARA LA TRANSICIÓN ECOLÓGICA Y EL RETO DEMOGRÁFICO



[Júcar] y [Segura]



[Guía para la elaboración de PGRAR agrícola Canarias]

Gobierno de Canarias
Consejería de Política Territorial, Cohesión Territorial y Aguas
Dirección General de Aguas

CEDEX
Centro de Estudios Hidrográficos

Marco normativo y de referencia

2.

Conceptos básicos

Agentes peligrosos

Agente peligroso: Un **agente biológico, químico, físico o radiológico** que tiene **el potencial de causar daños** a las personas, los animales, los cultivos o las plantas, la biota terrestre, la biota acuática, los suelos o el medio ambiente en general.

Metodología de identificación:

- Análisis de barrido inicial para identificar y definir agentes peligrosos
- Revisión y cumplimiento de la normativa aplicable a la zona (nitratos, zonas de baño, NCA, higiene alimentaria, etc.)
- Sanidad local (ej. brotes de enfermedades endémicas o químicos de la industria de la zona)
- Identificación de agentes peligrosos **para la salud**:
  - Generalmente microorganismos patógenos (virus, bacterias y protozoos)
- Identificación de agentes peligrosos **para el medio ambiente:**
  - Generalmente compuestos químicos (p.e. nutrientes, sales, compuestos orgánicos, etc.)

Tipo de Agente	Agente peligroso para la salud Pinedo – Acequia del Oro
Patógenos	- *Escherichia coli (Indicador)* - *Legionela (riesgo aerosolización)* - *Nemátodos intestinales*

Tipo de agente	Agente peligroso para el medioambiente Pinedo – Acequia del Oro	
Químico	- Fósforo (P_T)	*Plan hidrológico de cuenca*
	- Nitrógeno (N_T, NO_3^-)	*DIA Pinedo, zona sensible*
	- Na, Mg, Ca, cloruro y salinidad	*Parámetros agronómicos habituales*
	- *Tetracloroetileno, sulfatos, níquel y fosfatos*	*PH del Júcar 2021*

Grupos y rutas de exposición

Grupo de exposición: Personas que pueden estar expuestas a un agente peligroso específico.

Ruta de exposición: Vía mediante la que se exponen.

Sistema reutilización Pinedo – Acequia del Oro

Trabajadores EDAR-ERA



Comunidad local



- Pescadores
- Bañistas
- Ciclistas
- Paseantes
- Etc.

Grupos de exposición



Agricultores



Cultivo (consumidor)

Rutas de exposición

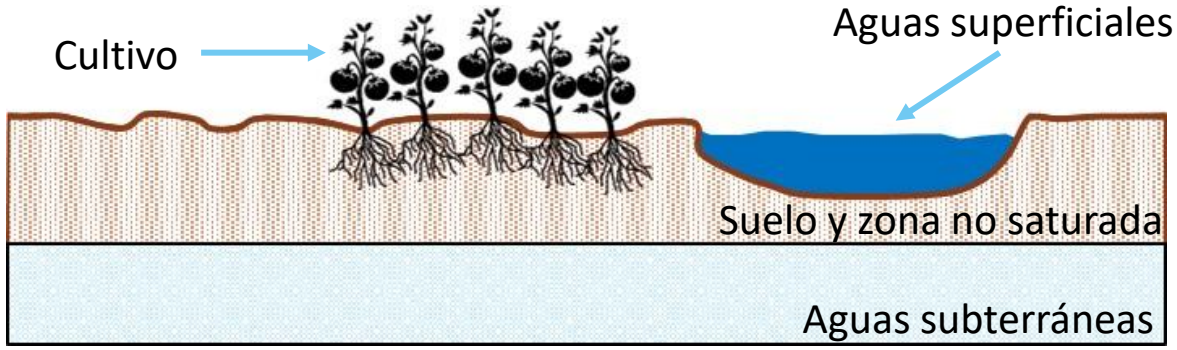
Ingestión
Inhalación
Contacto dérmico

Entornos ambientales y rutas de exposición

Entornos: Compartimentos medioambientales que podrían verse afectados por el uso de aguas regeneradas, por un **agente peligroso** específico y una **ruta** mediante la que se exponen.

Sistema reutilización Pinedo – Acequia del Oro

Entornos en riesgo
Rutas de exposición



Cultivo de arroz y huerta
absorción + contacto

La Albufera
escorrentía

MAS La Plana de Valencia Norte
infiltración

Suelo y zona no saturada
adsorción

Relación entre agentes peligrosos, grupos y entornos de exposición y rutas de exposición

Análisis en cierta medida **cíclico**:

- Los **agentes serán o no peligrosos** dependiendo de si hay un grupo de exposición o entorno al que causen un efecto negativo y de si hay una ruta por la que puedan llegar al mismo.
- No tiene sentido identificar como **grupo o entorno de exposición** algo que no tiene agentes peligrosos que le afecten o rutas de exposición por la que le lleguen.
- Las **rutas de exposición** solo son relevantes en cuanto que ponen en contacto agentes con grupos o entornos afectados.



Resumen identificación de agentes peligrosos, grupos, entornos y rutas de exposición

Sistema reutilización Pinedo – Acequia del Oro

	Agentes peligrosos	Grupos y entornos de exposición	Rutas de exposición
Riesgos sanitarios	E. coli (Indicador) Legionela (riesgo aerosolización) Nemátodos intestinales	Comunidad local	Ingestión y/o contacto dérmico con agua regenerada
		Trabajadores de la EDAR-ERA	Inhalación, ingestión y/o contacto dérmico con agua regenerada
		Agricultores	Ingestión y/o contacto dérmico con agua regenerada
Riesgos medio-ambientales	Calcio, magnesio, sodio, cloruro, salinidad, fósforo y nitrógeno.	Cultivos (arroz y hortalizas)	Captación por los cultivos o contacto directo con agua regenerada
		Suelo (tipo de suelo: fluvisol calcárico, clasificaciones FAO y WRB)	Infiltración en el suelo
	Nitratos, Tetracloroetileno, sulfatos, níquel y fosfatos	Acuífero Plana de Valencia Norte (Code 080.195) – Buen estado no alcanzado Plan Hidrológico del Júcar (CHJ, 2021)	Infiltración del agua regenerada
	Nutrientes (nitrógeno y fósforo totales)	Masa de agua superficial L'Albufera de Valencia Zona sensible (nivel estatal) Zona vulnerable (nivel autonómico)	Escorrentía o infiltración del agua regenerada

Sucesos peligrosos

Suceso peligroso: Un acontecimiento en el que las personas o el medio ambiente **se ven expuestas** a **un agente peligroso** dentro del sistema. Puede tratarse de un incidente o una situación que **introduzca o libere el agente peligroso** en el medio ambiente en el que viven o trabajan las personas, **amplifica la concentración** de un agente peligroso o **no logra eliminarlo** del medio ambiente humano**.**

Análisis del sistema para identificar aquellas situaciones que introducen agentes en el sistema, aumentan su concentración o que no los elimina (p.e. fallos en el tratamiento, vertidos accidentales o ilegales, etc.)

Sistema reutilización Pinedo – Acequia del Oro

Parte del sistema	Suceso peligroso
EDAR/ERA	- Interrupción/corte suministro eléctrico - Desbordamiento por lluvias intensas - Acceso personal no autorizado - Fallo mecánico del sistema de aireación del reactor biológico - Fallo en la dosificación de reactivos - Envejecimiento de las lámparas UV
Zona de riego	- Falta de conservación y mantenimiento de canales abiertos - Caídas accidentales a las acequias - Escorrentía de nutrientes a la Albufera - Percolación de nutrientes a aguas subterráneas

Conceptos básicos

Riesgo: La probabilidad de que agentes peligrosos detectados causen daño en un plazo determinado, incluida la gravedad de las consecuencias.
Se debe considerar el riesgo Sanitario y Ambiental.

Evaluación del riesgo: Metodología que permite valorar el riesgo de forma sistemática y priorizarlo.

Sistema de Gestión del Riesgo: Procedimiento preventivo sistemático que permite analizar y establecer el control de la seguridad sanitaria y ambiental de un sistema de reutilización mediante la evaluación y gestión de sus riesgos.

Plan de gestión del riesgo del agua regenerada

- Condicionante fundamental
  - Autorizaciones de producción y suministro
  - Concesiones de uso
- Establecimiento de requisitos diferentes y más estrictos
  - Resultado evaluación del riesgo
- Elaborado por todos los actores del sistema
- Identificación de responsabilidades de cada actor
- Se presenta por el operador de la estación regeneradora para solicitar la producción y suministro de aguas regeneradas.
- Elementos básicos de la gestión del riesgo → Anexo III del RD 1085/2024.

Requisitos del sistema de reutilización

- Requisitos **mínimos**
  - Generales para todos los sistemas
  - Conforme a normativa de base
    - Control rutinario
    - Control de validación para clase A
  - Centrados en objetivos basados en la salud (microbiología)
  - Parámetros y límites

- Requisitos **adicionales**
  - Específicos de cada sistema
  - Mismos parámetros que los básicos con límites más estrictos
  - Diferentes parámetros con límites asociados resultantes de la evaluación de riesgos
    - Salud
    - Medioambiente
  - Tratamientos y barreras

- Todos los **requisitos** serán objeto de **control y verificación de cumplimiento**
  - Puntos de cumplimiento
  - Frecuencias
  - Evaluación de resultados

Requisitos mínimos del sistema

Requisitos de **calidad de producción** de aguas regeneradas para el riego agrícola (RD 1085/2024).

Tabla I-3. Valor máximo admisible para uso agrícola

Clase	*E. coli* (UFC/100 mL)	Turbidez (UNT)	SS (mg/L)	DBO_5 (mg/L)	Nematodos intestinales (huevo/L)	*Legionella spp.* (UFC/L)	*T. saginata y T. solium* (huevo/L)	Contaminantes
Calidad A. A	10	5	10	10	1 para el riego de pastos o forraje	< 1.000 cuando existe riesgo de aerosolización	–	Ver observaciones
Calidad A. B	100	–	Conforme DARU	Conforme DARU	1 para el riego de pastos o forraje	< 1.000 cuando existe riesgo de aerosolización	1 para pastos de animales productores de carne	Ver observaciones
Calidad A. C	1.000	–	Conforme DARU	Conforme DARU	1 para el riego de pastos o forraje	< 1.000 cuando existe riesgo de aerosolización	1 para pastos de animales productores de carne	Ver observaciones
Calidad A. D	10.000	–	Conforme DARU	Conforme DARU	1 para el riego de pastos o forraje	< 1.000 cuando existe riesgo de aerosolización	–	Ver observaciones

Requisitos mínimos del sistema

- **Validación**
  - Clase A para uso agrícola
  - Antes de la puesta en servicio y tras modificación sustancial
  - Objetivos de rendimiento en el punto de cumplimiento
    - Control analítico
    - Suma rendimientos etapas procesos consolidados
    - Ensayos en laboratorio tratamientos innovadores

Tabla II-1. Controles de validación de las aguas regeneradas para uso agrícola con clase de calidad A

Grupos de patógenos	Microorganismos indicadores[1]	Objetivos de rendimiento de la cadena de tratamiento (reducción de $\log_{10}$)
Bacterias.	*E. coli.*	≥ 5,0
Virus.	*Colífagos totales*[2]. *Colífagos F-específicos.* *Colífagos somáticos.*	≥ 6,0
Protozoos.	Esporas de *Clostridium perfringens*[3].	≥ 4,0
	Bacterias formadoras de esporas reductoras de sulfato.	≥ 5,0

[1] Los patógenos de referencia *Campylobacter*, rotavirus y *Cryptosporidium* también podrán emplearse para el control de validación, en lugar de los microorganismos indicadores propuestos. En ese caso, se aplicarán los siguientes objetivos de rendimiento (reducción de $\log_{10}$): *Campylobacter* (≥ 5,0), rotavirus (≥ 6,0) y *Cryptosporidium* (≥ 5,0).

[2] Se ha seleccionado *colífagos totales* como el indicador viral más adecuado. No obstante, si no es posible el análisis de los *colífagos totales*, se analizará al menos uno de ellos (*colífagos F-específicos* o *somáticos*).

[3] Se han seleccionado las esporas de *Clostridium perfringens* como el indicador de protozoos más adecuado. No obstante, las bacterias formadoras de esporas reductoras de sulfato son una alternativa si la concentración de esporas de *Clostridium perfringens* no permite validar la reducción de $\log_{10}$ solicitada.

Requisitos adicionales del sistema

- El **resultado de la evaluación de riesgo** ayudará a establecer si deben añadirse requisitos adicionales específicos
- Considera las **condiciones específicas del lugar**, junto con la normativa aplicable

Sistema reutilización Pinedo – Acequia del Oro

Figuras de protección

- Parque Natural
- Catálogo Zonas Húmedas Comunidad Valenciana
- Lugar de Importancia Comunitario (Hábitats)
- Zona de especial protección para las aves
- Humedal de importancia internacional RAMSAR
- Zona sensible y zona vulnerable

→

- Declaración de impacto ambiental
- Plan Hidrológico del Júcar

→

Requisitos adicionales

- Nitratos
- Nitrógeno total
- Fósforo total
- Tetracloroetileno
- Sulfatos
- Níquel
- Fosfatos

Parámetro	Unidad	Valor límite	Referencia valor límite
Nitrógeno (Nt)	(mg/L)	10	Zona sensible eutrófica (RD. 509/1996). DIA de Pinedo.
Fósforo (Pt)	(mg/L)	0,3	Media anual. Plan Hidrológico Júcar (CHJ, 2021). Plan de Ordenación de Recursos Naturales (PORN) del Parque Natural de l'Albufera de Valencia

Medidas preventivas: implantadas

CEDEX
Centro de Estudios Hidrográficos

Medida preventiva: acción o actividad apropiada que pueda prevenir o eliminar un riesgo para la salud o el medio ambiente, o que pueda reducirlo a un nivel aceptable.

- Identificar **tratamientos, acciones o procesos** aplicables a las distintas partes del sistema
- Identificación de **barreras implantadas** (tipo específico de medida preventiva)

Parte del sistema	Suceso peligroso identificado	Medidas preventivas o barreras implantadas	Responsable
EDAR/ERA	▪ Fallos en el bombeo de suministro de agua regenerada	▪ Existencia de bombas de repuesto	Operadores EDAR/ERA
Zona de riego	▪ Disminución infiltración y acumulación sales	▪ Nivelación del terreno en invierno para uniforme distribución del agua ▪ Inundación invernal para lavado de sales ▪ Actividades de volteo del suelo	Comunidad de Regantes
	▪ Eutrofización de la Albufera	▪ Tratamiento biológico y físico-químico en EDAR-ERA ▪ Agua no puede llegar al lago sin pasar por los cultivos ▪ Desarrollo de Programa de Actuación por encontrarse en zona vulnerable	Operadores EDAR/ERA, Comunidad de Regantes y otros

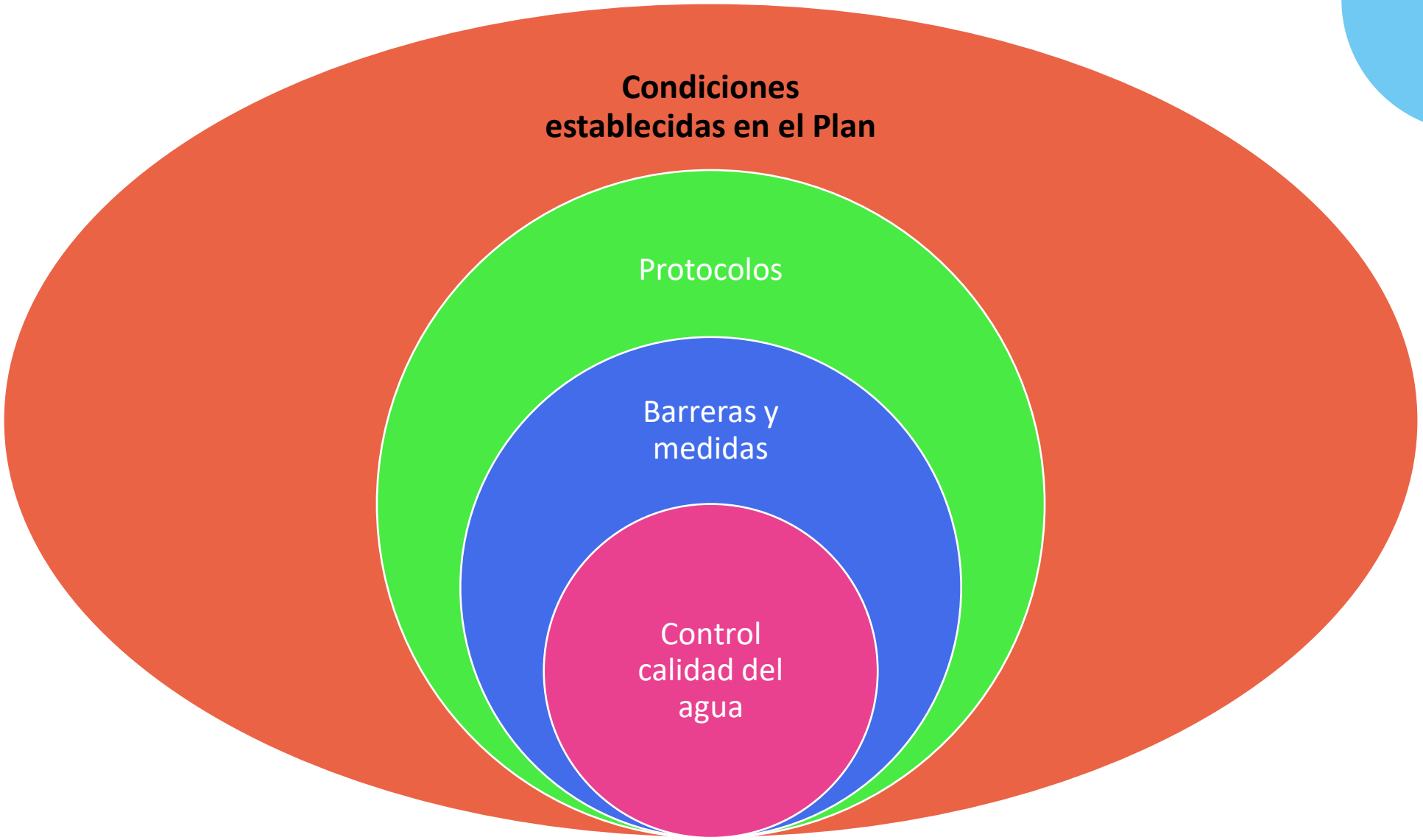
Medidas preventivas: a implementar

- **Evaluación** del riesgo asociado a cada **suceso peligroso** para los distintos grupos y matrices expuestos.
- Identificación de **riesgos inaceptables**
- Definición de **medidas a implementar** para que el riesgo sea aceptable

Parte del Sistema	Suceso peligroso con riesgo inaceptable	Medida a implementar
EDAR/ERA	▪ Puesta en marcha después de la parada anual por inicio de la temporada de riego del arrozal.	▪ Desvío del agua del primer arranque para que no se utilice como agua de riego.
	▪ Fallo en el tratamiento biológico por vertidos tóxicos.	▪ Cese del suministro del agua regenerada.
Zona de riego	▪ Ingesta y/o inhalación accidental de agua al realizar los agricultores el trasplante del arroz. ▪ Lavado de productos en la acequia.	▪ Formación de los trabajadores.
	▪ Baño en las acequias.	▪ Señalización.



Control y vigilancia: Nuevo concepto



Control

- Requisitos básicos calidad / barreras → Programa autocontrol → Supervisión por la autoridad responsable

- Protocolos y Procedimientos de comunicación

→ Auditorías internas / externas

- Medidas genéricas y específicas
  - Control común
    - Formación
  - Control específico
    - Señalética
    - Mezclas



Inspección y vigilancia

- Se inspecciona el cumplimiento de las CONDICIONES establecidas en las autorizaciones y concesiones
  - Base: Plan de Gestión de Riesgos del Agua Regenerada

- Autoridad sanitaria: Responsable inspección calidad de agua relacionada con la salud.

- Acreditación periódica del cumplimiento por parte de todos los actores
  - Posibilidad mediante certificado de Entidad Colaboradora de la Administración Hidráulica

Gestión de incumplimientos

- Incidente en el cumplimiento de condiciones establecidas autorización o concesión → Medidas establecidas en el plan

- Suspensión inmediata suministro agua regenerada
  - Superación de los límites de desviación máxima en un parámetro en dos controles en 24h.
  - Reanudación tras implementación de medidas previstas en PGRAR y cumplimiento en 4 controles en días sucesivos.



Gestión de incumplimientos: nuevo concepto

- Se cumple el plan
  - Fallo → No es incumplimiento
    - Suceso peligroso previsto
    - Documento vivo: Retroalimentación continua

- No se cumple el plan
  - Fallo → Sí es incumplimiento
    - No actuación conforme a protocolo
    - No cumplo con barreras
    - Riesgo para grupos de exposición o entornos ambientales

3.

Análisis del enfoque multibarrera

Barreras

- Definición: Cualquier medio que reduzca o evite un riesgo de infección humana impidiendo el contacto de aguas regeneradas con el producto ingerido y/o con las personas directamente expuestas; o bien, cualquier otro medio que reduzca la concentración de microorganismos en las aguas regeneradas y/o impida que sobrevivan en el producto ingerido.

- Barreras ACREDITADAS: Anexo III. D Reglamento de reutilización del agua:
  - Riego agrícola
  - Riego urbano y recreativo.

- La autoridad sanitaria podrá en cada caso añadir otras barreras que considere necesarias.

Enfoque multibarrera

- Opciones de calidad



Tabla III-1. Propuesta de número acreditado de barreras necesarias para regar con agua regenerada en función de su calidad y el tipo de cultivo

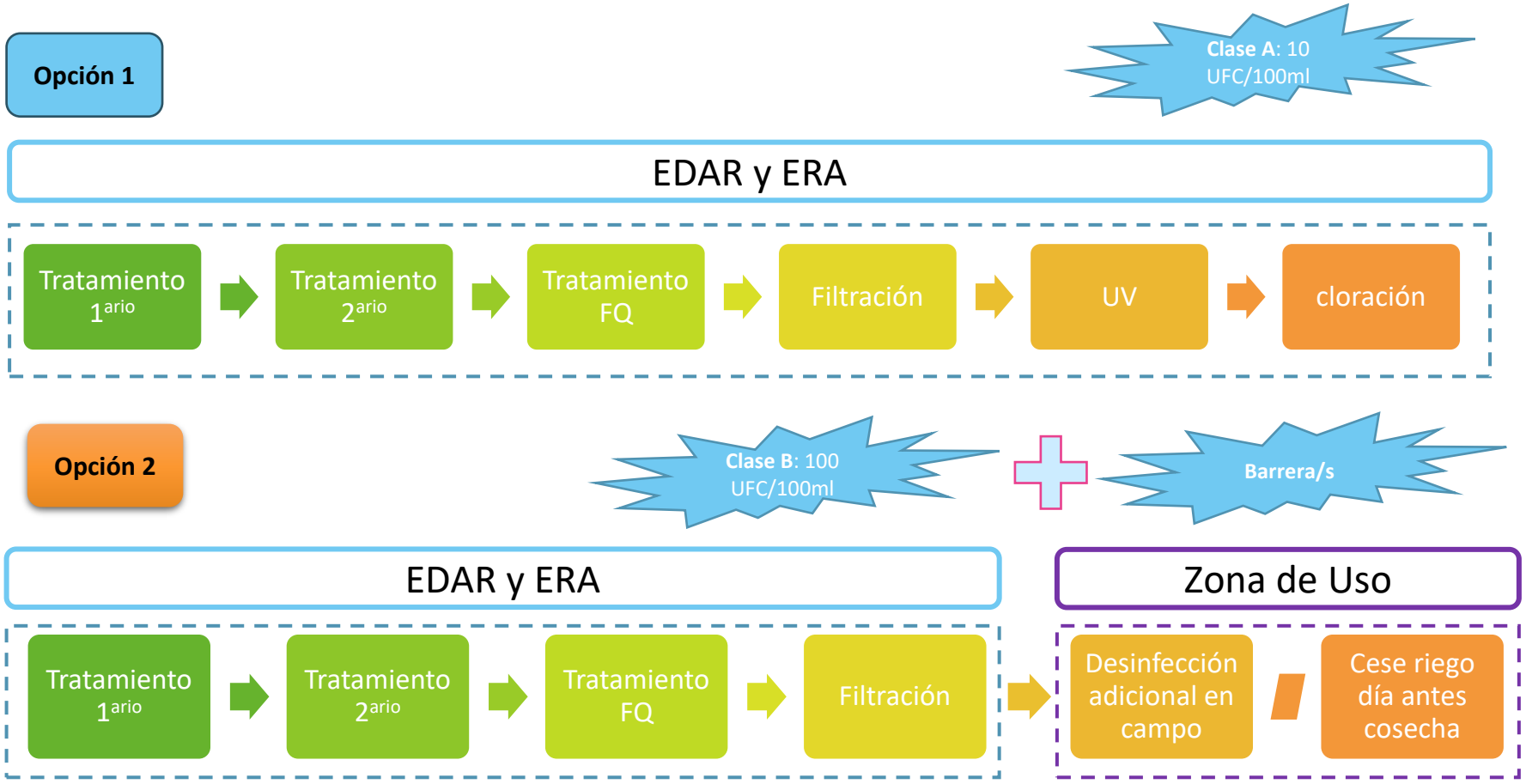
Clase de calidad (1)	Riego de hortalizas consumidas crudas (2)	Riego de hortalizas tras la transformación y pastizales (3)	Riego de cultivos de alimentos distintos de las hortalizas (huertos frutales, viñedos) y horticultura (4)	Riego de forrajes y cultivos para semillas (5)	Riego de cultivos industriales y energéticos (6)
A.A	0	0	0	0	0
A.B	1	0	0	0	0
A.C	3	1*	1	0	0
A.D	prohibido	prohibido	3	1**	0

(*) El anexo I.A.2 solo permite el riego con calidad C si se aplica riego por goteo u otro método de riego que evite el contacto directo con la parte comestible del cultivo, es decir, su uso está condicionado al empleo de una barrera.

(**) Nota de la norma ISO 16075:2020: Semillas comestibles o semillas para siembra que hayan sido regadas durante menos de 30 días antes de la cosecha. Si el período anterior a la recolección es igual o superior a 30 días, la clase D puede ser directamente aplicable sin restricciones (es decir, sin necesidad de barreras adicionales).

Enfoque multibarrera

- Dos esquemas básicos, con múltiples opciones o combinaciones:
  - Basado en tecnologías -> EDAR + ERA
  - Tratamiento adecuado (EDAR + ERA) + BARRERAS en Zona de Uso



Enfoque multibarrera

- Tipos de barreras acreditadas

Tabla III–2. Tipo de barrera, reducciones logarítmicas de patógenos y número acreditado de barreras para el riego de cultivos de alimentos

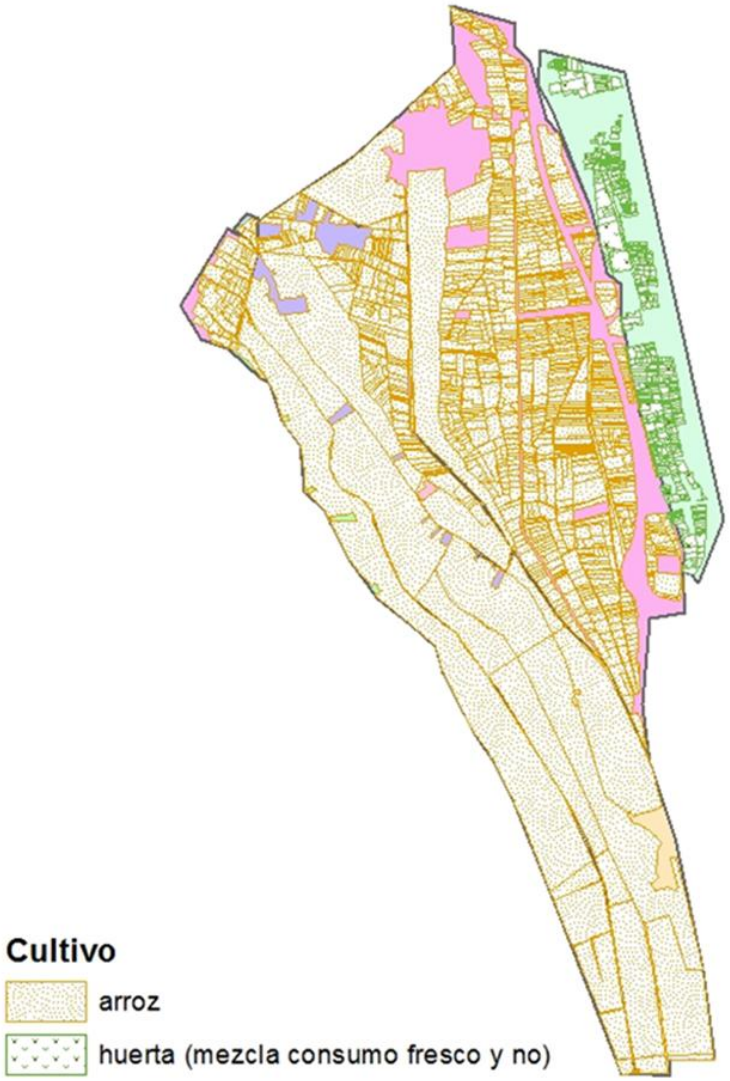
Tipo de barrera	Aplicación	Reducción logarítmica de patógeno	Número de barreras
Riego por goteo.	Riego por goteo de cultivos bajos como los que crecen a 25 cm o más por encima del nivel del suelo.	2	1
	Riego por goteo de cultivos altos como los que crecen a 50 cm o más por encima del nivel del suelo.	4	2
	Riego por goteo subsuperficial en el que el agua no asciende por acción capilar a la superficie del suelo.	6	3
Riego por aspersión y microaspersión.	Riego por aspersores y microaspersores en cultivos bajos como a 25 cm o más del chorro de agua.	2	1
	Riego por aspersores y microaspersores en árboles frutales como a 50 cm o más del chorro de agua.	4	2
Desinfección adicional sobre el terreno.	Desinfección de bajo nivel (1 mg/L de cloro total después de 30 minutos de cloración).	2	1
	Desinfección de nivel alto (≥ 1 mg/L de cloro total, después de 30 minutos de cloración).	4	2
Lámina de cubierta resistente a la luz solar.	En riego por goteo donde la lámina separa el riego de las hortalizas.	entre 2 y 4	1
Reducción del patógeno.	Reducción mediante el cese o la interrupción del riego antes de la cosecha.	De 0,5 a 2 al día	Entre 1 y 2

Ejemplo enfoque multibarrera : Pinedo – Acequia del Oro
Barrera como requisito

CEDEX
Centro de Estudios Hidrográficos

- **Caudal de agua regenerada:**
  Septiembre – Mayo: 15.000 m^3/d
  Mayo – Septiembre: 180.000 m^3/d (arroz)
- **Culivos**:
  ~ 1.200 ha arroz
  ~ 75 ha hortalizas

Clase A.B + Desinfección en campo

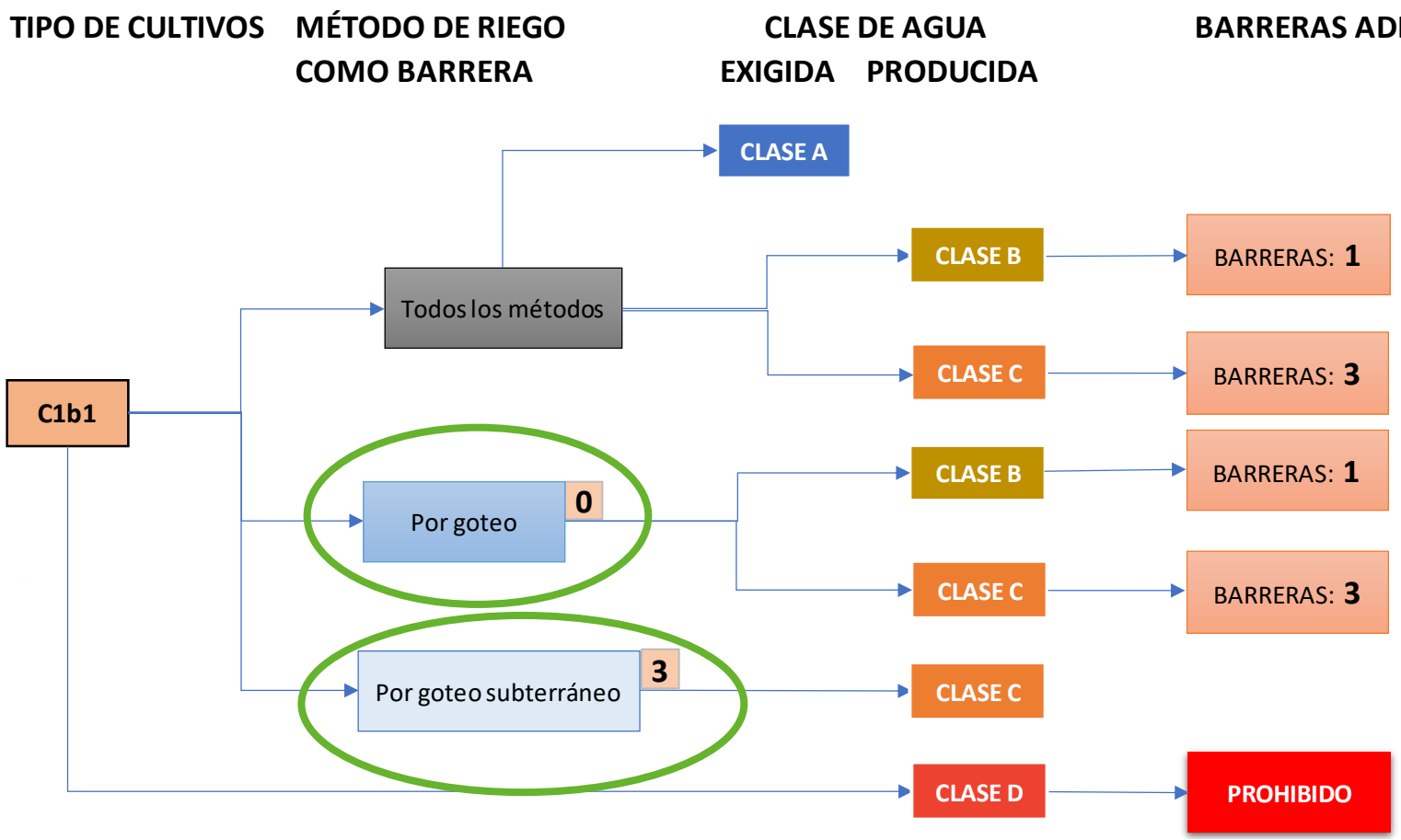


Tipo de barrera	Aplicación	Reducción logarítmica de patógeno	Número de barreras
Desinfección adicional sobre el terreno	Desinfección de bajo nivel (1 mg/l de cloro total, después de 30 minutos de cloración).	2	1
	Desinfección de nivel alto (≥ 1 mg/l de cloro total, después de 30 minutos de cloración).	4	2

Puntos de control adicional	Descripción (Ubicación)	Parámetros a controlar
1	Cámara de cloración a la entrada del canal	Dosis de cloro
2	Punto final del canal de reparto en cabecera de zona de huertas	Tiempo de contacto Cloro total

Enfoque multibarrera

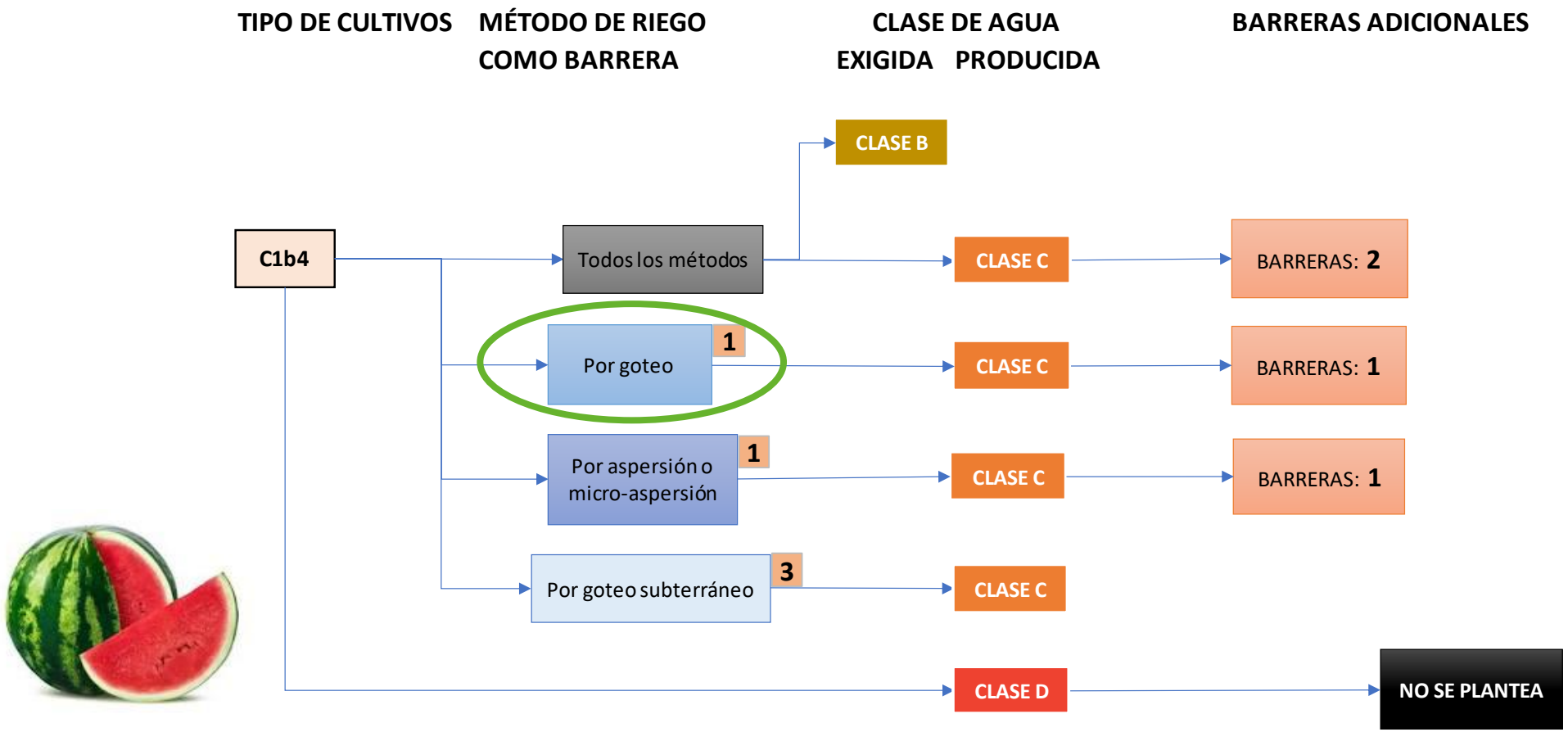
- Directrices para apoyar la aplicación del Reglamento (UE) 2020/741
  - *C1b1: Cultivos de hoja cultivados en la superficie del suelo y que se consumen crudos (por ejemplo, lechuga, espinaca, col china, repollo, apio.)*





Enfoque multibarrera

- Directrices para apoyar la aplicación del Reglamento (UE) 2020/741
  - *C1b4: Cultivos de alimentos cultivados en el suelo que pueden consumirse crudos una vez pelados (por ejemplo, sandía, melón, guisante).*



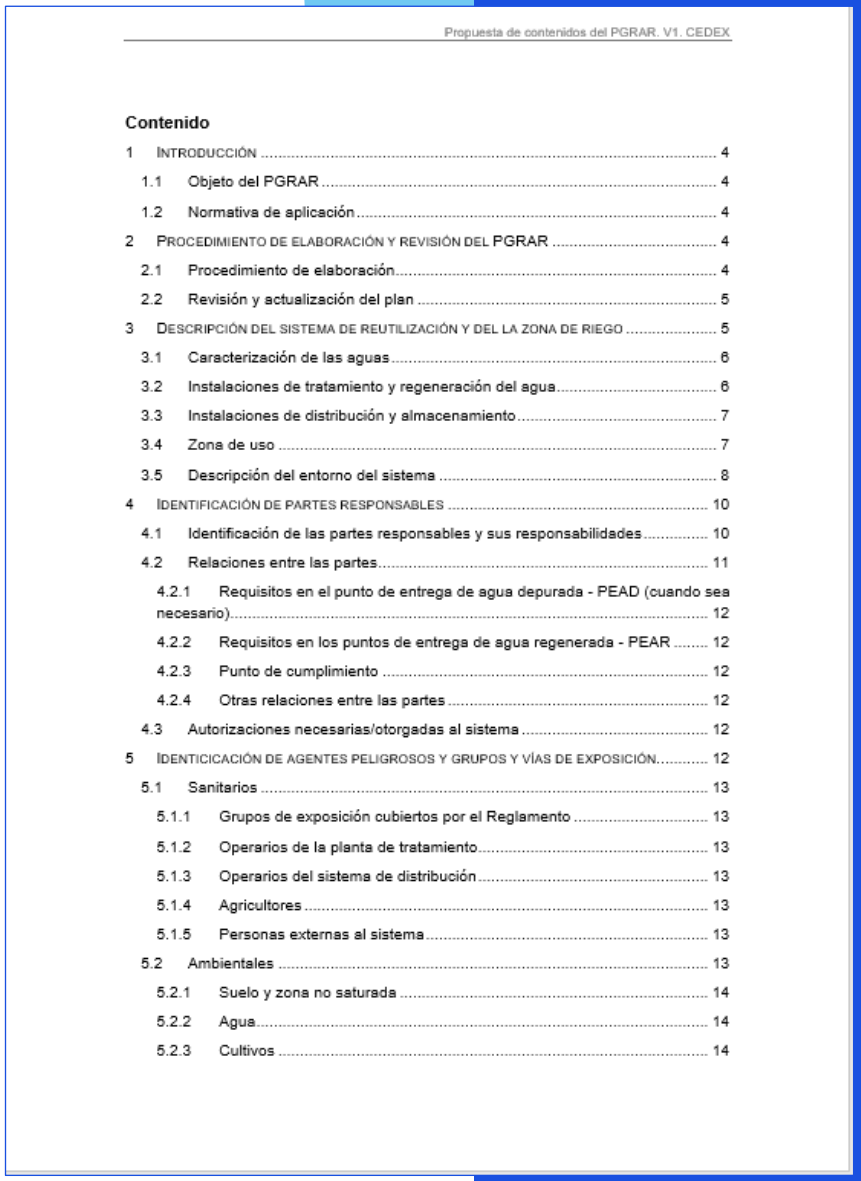
4.

Modelo de Plan de Gestión del Riesgo del Agua Regenerada

Modelo de Plan de Gestión del Riesgo del Agua Regenerada (PGRAR)

CEDEX
Centro de Estudios Hidrográficos

- **Objetivos**
  - Ser el **documento que guíe la gestión basada en el riesgo** del sistema de reutilización
  - **Base para otorgar las autorizaciones** que requieran los operadores de la planta de tratamiento y, en su caso, otras partes del sistema y la concesión de aguas. Constituiría, de facto, el condicionado de las mismas.
  - Está planteado como un documento **producto**. No debe haber riesgos inaceptables.
- **Bloques**
  - **General**
    - Requisitos básicos del sistema
    - Cooperación y colaboración
  - **Particulares**
    - Uno para cada actor



Contenido

1 INTRODUCCIÓN 4
1.1 Objeto del PGRAR 4
1.2 Normativa de aplicación 4
2 PROCEDIMIENTO DE ELABORACIÓN Y REVISIÓN DEL PGRAR 4
2.1 Procedimiento de elaboración 4
2.2 Revisión y actualización del plan 5
3 DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA DE REUTILIZACIÓN Y DEL LA ZONA DE RIEGO 5
3.1 Caracterización de las aguas 6
3.2 Instalaciones de tratamiento y regeneración del agua 6
3.3 Instalaciones de distribución y almacenamiento 7
3.4 Zona de uso 7
3.5 Descripción del entorno del sistema 8
4 IDENTIFICACIÓN DE PARTES RESPONSABLES 10
4.1 Identificación de las partes responsables y sus responsabilidades 10
4.2 Relaciones entre las partes 11
4.2.1 Requisitos en el punto de entrega de agua depurada - PEAD (cuando sea necesario) 12
4.2.2 Requisitos en los puntos de entrega de agua regenerada - PEAR 12
4.2.3 Punto de cumplimiento 12
4.2.4 Otras relaciones entre las partes 12
4.3 Autorizaciones necesarias/otorgadas al sistema 12
5 IDENTICICACIÓN DE AGENTES PELIGROSOS Y GRUPOS Y VÍAS DE EXPOSICIÓN 12
5.1 Sanitarios 13
5.1.1 Grupos de exposición cubiertos por el Reglamento 13
5.1.2 Operarios de la planta de tratamiento 13
5.1.3 Operarios del sistema de distribución 13
5.1.4 Agricultores 13
5.1.5 Personas externas al sistema 13
5.2 Ambientales 13
5.2.1 Suelo y zona no saturada 14
5.2.2 Agua 14
5.2.3 Cultivos 14

Estructura y contenido

10 Capítulos

1	• INTRODUCCIÓN
2	• PROCEDIMIENTO DE ELABORACIÓN Y REVISIÓN
3	• DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA DE REUTILIZACIÓN DE AGUA Y DE LA ZONA DE RIEGO
4	• PARTES RESPONSABLES
5	• IDENTIFICACIÓN DE AGENTES PELIGROSOS, ENTORNOS Y GRUPOS DE EXPOSICIÓN Y RUTAS DE EXPOSICIÓN
6	• REQUISITOS DEL SISTEMA DE REUTILIZACIÓN DE AGUA
7	• ANÁLISIS DE RIESGOS
8	• MEDIDAS IMPLANTADAS
9	• CONTROL Y VERIFICACIÓN DEL CUMPLIMIENTO
10	• MECANISMOS DE COORDINACIÓN Y COMUNICACIÓN ENTRE ACTORES

3 Anexos

I	• PRODUCCIÓN Y SUMINISTRO DE AGUA REGENERADA
II	• DISTRIBUCIÓN Y ALMACENAMIENTO DE AGUA REGENERADA
III	• USO DE AGUA REGENERADA

CEDEX

Centre for Hydrographic Studies

Modelo PGRAR

Partes responsables del sistema Pinedo – Acequia del Oro

CEDEX
Centro de Estudios Hidrográficos

Partes responsables

Entidad Pública de Saneamiento de Aguas Residuales de la Comunidad Valenciana EPSAR (UTE)

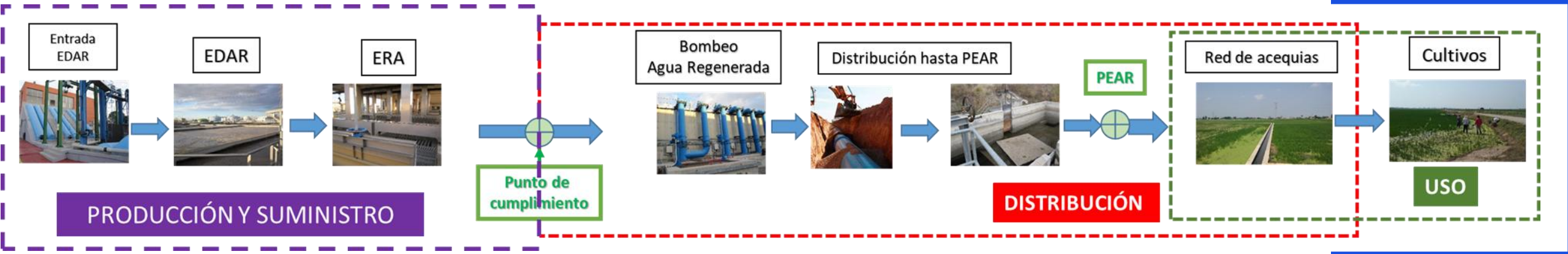
Comunidad Regantes Acequia del Oro

Producción y suministro.
Operador EDAR-ERA

Distribución.
Operador depósito, bombeo y conducción

Distribución.
Operadores redes

Usuarios (Regantes)



Responsabilidades

- Redactar, revisar y actualizar su parte del PGRAR
- Cumplir los requisitos establecidos en el PGRAR
- Coordinación y comunicación con otros actores
- Asegurar riego seguro…

5.

Fichas de Análisis y Gestión del Riesgo del Agua Regenerada

Fichas de Análisis y Gestión del Riesgo del Agua Regenerada

CEDEX
Centro de Estudios Hidrográficos

Objetivo: Apoyo a los diferentes actores de para el análisis de **sucesos peligrosos** en su parte del sistema.

- Catálogo de **situaciones**: referencia e inspiración
- Catálogo de **medidas preventivas y correctivas**
- Centrados en la producción de agua regenerada (algunos para distribución y uso)

Modelo organizativo en formato Excel: diferentes elementos a tener en cuenta en el estudio, análisis y posible gestión de los riesgos en un sistema de reutilización de agua.

- Filas:
  Sucesos peligrosos en cada etapa del sistema
- Columnas:
  Agentes peligrosos
  Grupos y entornos de exposición
  Medidas preventivas
  Medidas correctoras
  Resultados de la evaluación de riesgos

Documento explicativo

Fichas análisis y gestión riesgo

Nº	ETAPA DEL PROCESO	SUCESO PELIGROSO	CÓDIGO	AGENTES PELIGROSOS					RIESGO SANITARIO						RIESGO MEDIOAMBIENTAL				MEDIDAS EXISTENTES IMPLEMENTADAS EN EL SISTEMA		PROBABILIDAD (SANITARIA)	GRAVEDAD (SANITARIA)	RIESGO SANITARIO	PROBABILIDAD (AMBIENTAL)	GRAVEDAD (AMBIENTAL)	RIESGO MEDIOAMBIENTAL	MEDIDAS A IMPLEMENTAR PARA HACER EL RIESGO ACEPTABLE	OBSERVACIONES
									GRUPOS DE EXPOSICIÓN						ENTORNOS DE EXPOSICIÓN														
				Patógenos (E.Coli: Indicador)	Nutrientes	Sales	Metales y metaloides	Otros específicos del sistema (sanitarios y/o ambientales)	CULTIVOS (CONSUMIDORES/ANIMALES)	TRABAJADORES EDAR/ERA	TRABAJADORES DISTRIBUCIÓN	TRABAJADORES ALMACENAMIENTO	AGRICULTORES	COMUNIDAD LOCAL	AGUA SUPERFICIAL	AGUA SUBTERRÁNEA	SUELO	CULTIVO	MEDIDAS PREVENTIVAS	MEDIDAS CORRECTORAS								
	INSTALACIONES TRATAMIENTO Y REGENERACIÓN																											
0	**GENERALES**																											
0.1	AGUA RESIDUAL	Variación del caudal de entrada o de la carga	0.1-1																									
		Vertidos tóxicos accidentales/incontrolados	0.1-2																									
0.2	SERVICIOS	Interrupción/corte del suministro eléctrico	0.2-1																									
		Salto/caída de tensión de alimentación	0.2-2																									
		Micro cortes de suministro de la Compañía eléctrica	0.2-3																									
0.3	INSTALACIONES	Fallo/rotura transformador de entrada a la planta	0.3-1																									
		Robo/rotura de cableado	0.3-2																									
		Fallo en los cuadros o en los CCM	0.3-3																									
		Pérdida de comunicaciones en el interior de la planta . Caída del servidor y pérdida visualización de los procesos	0.3-4																									
		Fallo en autómata de control (PLC): . Pérdida de la visualización / control de proceso . Telemetría incoherente	0.3-5																									
		Inundación por mal funcionamiento de alguna etapa del tratamiento	0.3-6																									
		Rotura de tuberías de interconexión entre equipos . Degradación por presencia de sustancias corrosivas . Aumento de la presión . Impacto de algún agente externo	0.3-7																									
		Robo de equipamiento	0.3-8																									
		Destrucción de instalaciones. Vandalismo	0.3-9																									
		Sabotaje interno	0.3-10																									
0.4	CLIMATOLÓGICOS	Caída de Rayo: . Fallo generalizado o parcial de la instalación . Fallo automatismos	0.4-1																									
		Inundación marina y fluvial . Parada general de la instalación . Parada parcial de equipos	0.4-2																									
		Lluvias extraordinarias . Parada general de la instalación . Parada parcial de equipos	0.4-3																									

6.

Metodología de evaluación de riesgos sanitarios

Metodología de Evaluación del riesgo sanitario

- Consensuada con la CH del Júcar
- Metodología semicuantitativa: Basada en combinación de probabilidad y gravedad
- Reflexiones sobre las medidas a implantar

Probabilidad	Gravedad				
	1 - Muy leve	2 - Leve	4 - Moderada	8 - Grave	16 - Muy grave
Muy improbable - 1	1	2	4	8	16
Improbable - 2	2	4	8	16	32
Posible - 3	3	6	12	24	48
Probable - 4	4	8	16	32	64
Casi Seguro - 5	5	10	20	40	80

Puntuación riesgo R= PxG	<6	6-12	13-32	>32
Nivel de Riego	Riesgo bajo	Riesgo medio	Riesgo alto	Riesgo muy alto

GOBIERNO DE ESPAÑA
MINISTERIO DE TRANSPORTES, MOVILIDAD Y AGENDA URBANA
MINISTERIO PARA LA TRANSICIÓN ECOLÓGICA Y EL RETO DEMOGRÁFICO
CONFEDERACIÓN HIDROGRÁFICA DEL JÚCAR, O. A.
CEDEX CENTRO DE ESTUDIOS Y EXPERIMENTACIÓN DE OBRAS PÚBLICAS

METODOLOGÍA DE EVALUACIÓN DE RIESGOS PARA LA SALUD EN LOS PLANES DE GESTIÓN DEL RIESGO DEL AGUA REGENERADA

1 INTRODUCCIÓN

El riesgo ligado a un determinado suceso peligroso es el resultado de combinar la probabilidad de que una situación segura se altere y la gravedad de los efectos que generen dicha alteración.

$$Riesgo = probabilidad\ x\ gravedad$$

Para facilitar la determinación de la probabilidad de alteración de las condiciones seguras y de la gravedad sanitaria se han diseñado unas metodologías de apoyo, las cuales se muestran en los siguientes apartados. Para la elaboración de esta propuesta se han revisado diferentes recomendaciones y aproximaciones (APA, 2019; FAO and WHO, 2019; UNE-ISO 16075-1, 2023; NRMMC-EPHC-AHMC, 2006; OMS, 2016, 2009; Ricci et al., 2017) así como el Reglamento Delegado 2024/1765 de la Comisión de 11 de marzo de 2024 por el que se completa el Reglamento (UE) 2020/741 del Parlamento Europeo y del Consejo en lo que respecta a las especificaciones técnicas de los elementos clave de la gestión del riesgo, las Directrices para apoyar la aplicación del Reglamento 2020/741 relativo a los requisitos mínimos para la reutilización del agua, la guía técnica de Gestión del riesgo del agua regenerada para sistemas de riego agrícola en Europa de la JRC y la metodología aplicada por el Ministerio de Sanidad en su herramienta de gestión de los Planes Sanitarios del Agua en el ámbito de las

CONFEDERACIÓN HIDROGRÁFICA DEL JÚCAR
MINISTERIO DE TRANSPORTES Y MOVILIDAD SOSTENIBLE
VICEPRESIDENCIA TERCERA DEL GOBIERNO
MINISTERIO PARA LA TRANSICIÓN ECOLÓGICA Y EL RETO DEMOGRÁFICO
CEDEX CENTRO DE ESTUDIOS Y EXPERIMENTACIÓN DE OBRAS PÚBLICAS

CEDEX Centro de Estudios Hidrográficos

Valoración de la probabilidad

- Propuesta valoración semicuantitativa $$P_f = \sqrt[3]{P_{os} * P_{pres} * P_{exp}}$$

P_f: Probabilidad final





P_{os}: Probabilidad de ocurrencia del suceso

P_{pres}: Probabilidad de presencia del agente (deterioro de la situación)

P_{exp}: Probabilidad de exposición a la situación deteriorada



Valoración de la gravedad

- Propuesta valoración semicuantitativa

$$G_f = G_{ap} \cdot \frac{F_{vexp}}{3}$$

Gf: Gravedad final



Agricultores en una de las labores del cultivo del arroz

Gap: Gravedad asociada al agente peligroso

Fvexp: Factor de la gravedad asociado a la vía de exposición

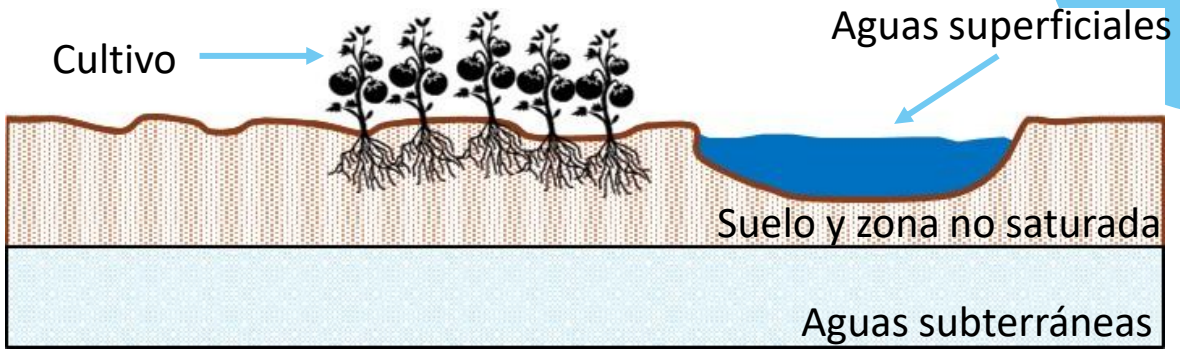
Ruta de exposición	Factor
Contacto dérmico	1
Inhalación cuando se produce la aerosolización	3
Ingestión	3

7.

Metodología de evaluación de riesgos medioambientales

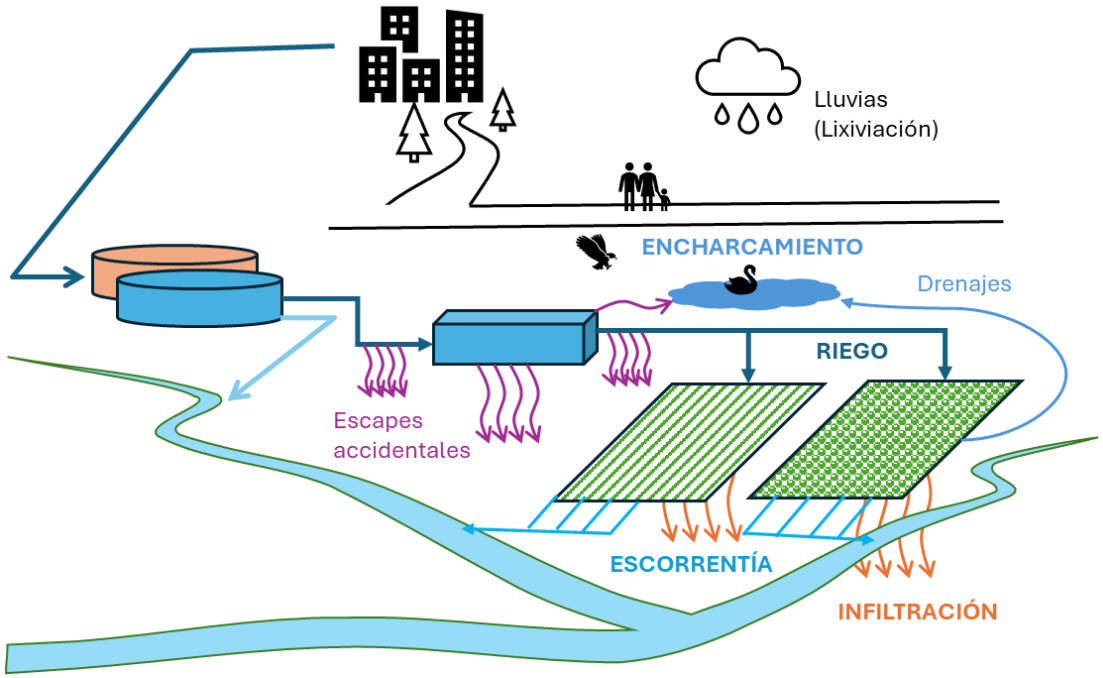
Metodología de evaluación de riesgos medioambientales

- Entornos de exposición
  - Cultivo y suelo
  - Agua: Superficial y subterránea
  - Ecosistemas



- Especial atención a áreas protegidas

- Rutas de exposición
  - Riego
  - Infiltración
  - Escorrentía
  - Encharcamiento



CEDEX
Centro de Estudios Hidrográficos

Metodología evaluación riesgo medioambiental

Metodología de evaluación de riesgos medioambientales

- Identificación de todos los **posibles agentes peligrosos**:
  - Escaneo de la **normativa** a nivel europeo, nacional, regional y local
  - Parámetros agronómicos importantes
    - **Nutrientes**: Nitrógeno y Fósforo
    - **Sales**: Calcio, magnesio, sodio, cloruro y salinidad
      - Indicadores: Relación de Adsorción de Sodio (SAR), Conductividad Eléctrica (EC) y relación SAR-EC.
    - **Metales y metaloides**:
      - Boro
      - Cadmio, Cromo, Cobre, Plomo, Mercurio, Níquel, Zinc y Arsénico
  - Otros **específicos del sistema**
    - Residuos de cloración
    - Microcontaminantes según la nueva EDAR (≥150 000 e-h)

Legislación nutrición sostenible suelos

CEDEX
Centro de Estudios Hidrográficos

Metodología evaluación riesgo medioambiental

Metodología de evaluación de riesgos medioambientales

- Establecimiento de **requisitos adicionales** para garantizar un nivel aceptable de riesgos
  - Parámetros y límites
  - Tratamientos y barreras
  - Control
    - Puntos de cumplimiento
    - Frecuencias
    - Evaluación de los resultados

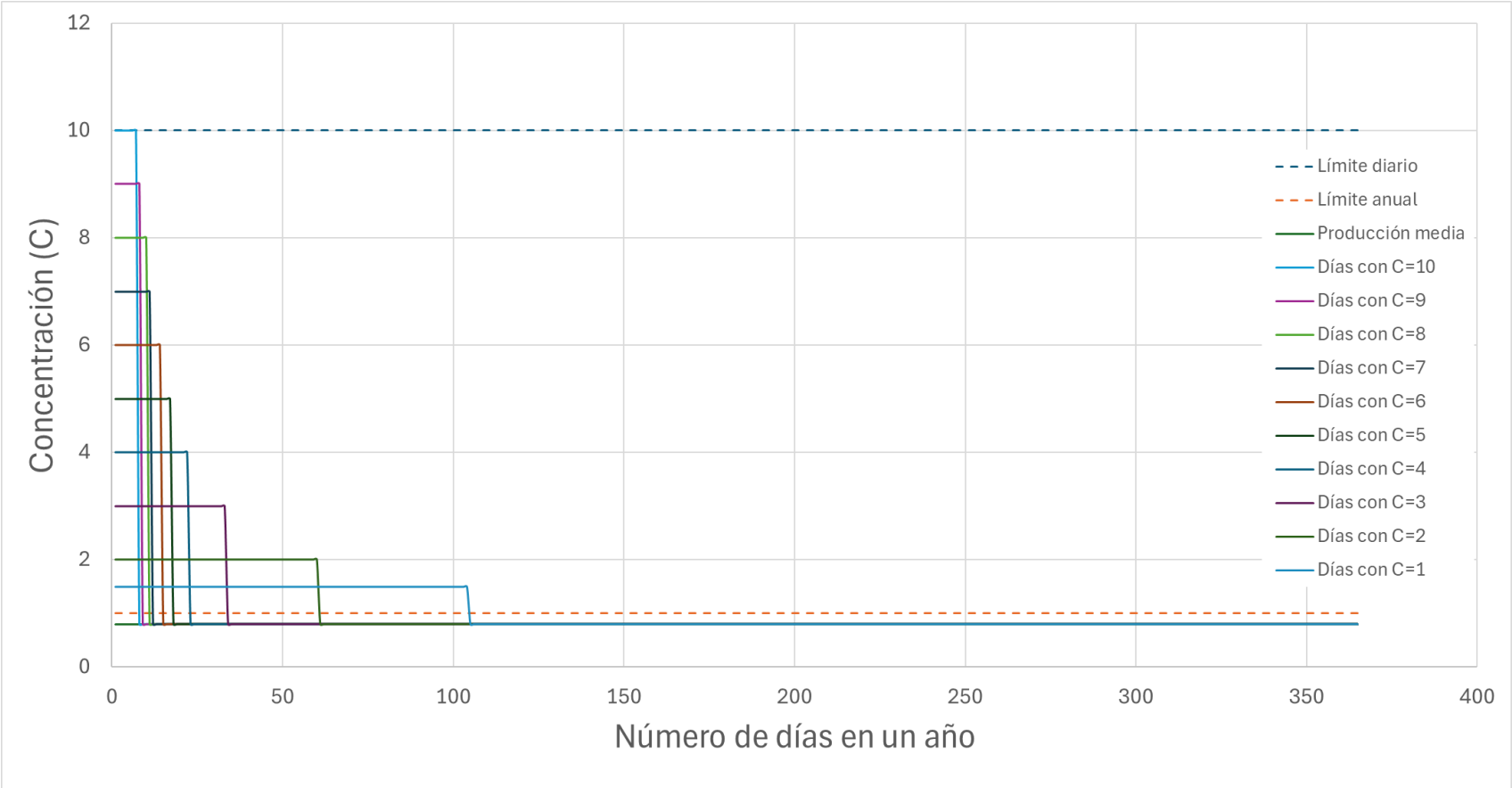
Requisitos necesarios para un sistema seguro

Metodología de evaluación de riesgos medioambientales

- Sucesos peligrosos relacionados con parámetros agronómicos:
  - Cargas anuales ←→ valores límite promedios
  - Límites máximos

Tipo de efectos:
- Acumulativo
- Agudo

Dosis



8.

Reflexiones y próximos pasos

Reflexiones

- Los **planes de gestión del riesgo** son herramientas muy útiles para una producción, distribución y uso seguro de las aguas regeneradas.
- Existen **medidas** muy **sencillas** que aumentan de manera muy importante la **seguridad** del sistema del agua regenerada.
- Las **buenas prácticas agrícolas** y de reutilización son la forma en la que tradicionalmente se había llevado a cabo una gestión del riesgo, que ahora suben un escalón en cuanto a su protocolización y control.
- El enfoque **preventivo**, adaptado a las **circunstancias locales** y en continua **retroalimentación** son claves.
- El **enfoque multibarrera** es una opción viable y segura para la gestión del riesgo.



Guías para la gestion del riesgo del agua regenerada en regadío

- Análisis del enfoque multibarrera
- Modelo de plan de gestión del riesgo
- Fichas análisis y gestión del riesgo
- Metodología evaluación riesgo sanitario
- Metodología evaluación riesgo medioambiental

Guías para la gestión del riesgo del agua regenerada en regadío (2025)

https://ceh.cedex.es/web/GuiaGestionRiesgo.htm

Próximos pasos

- Planes de gestión del riesgo de reutilización del agua para varios usos
  - Adaptación y desarrollo de directrices y recomendaciones



Localización

Centro de Estudios Hidrográficos

Paseo Bajo Virgen del Puerto, 3

28005 Madrid

Contacto

Isabel León Martín

+34913357995

Email y website

isabel.leon@cedex.es

www.cedex.es

CEDEX_es CEDEX

GOBIERNO DE ESPAÑA · MINISTERIO DE TRANSPORTES, MOVILIDAD Y AGENDA URBANA · VICEPRESIDENCIA TERCERA DE GOBIERNO · MINISTERIO PARA LA TRANSICIÓN ECOLÓGICA Y EL RETO DEMOGRÁFICO · CEDEX CENTRO DE ESTUDIOS Y EXPERIMENTACIÓN DE OBRAS PÚBLICAS