



Impacto ambiental y sostenibilidad de experiencias de regadío con aguas regeneradas en cultivos, suelos y acuíferos en las islas baleares

Autor: Enrique Fernández Escalante

Institución: Plataforma Tecnológica Española del Agua

Otros autores: Sergi Mulet Aloras (Tragsa); Rodrigo Calero Gil (Tragsa); Biel Moya (UIB); Jaume Solivellas (UIB); Jaume Vadell (UIB); Emilio Nicolás (CEBAS-CSIC)

Resumen

El proyecto de I+D+i EARSAC (Grupo Tragsa) estudia el efecto del regadío con aguas regeneradas en cultivos, suelos y acuíferos en varias zonas piloto de las islas Baleares.

Como resultado de casi cuatro años de estudio regando de forma comparativa con agua de pozo y regenerada, se están alcanzando conclusiones medioambientales interesantes sobre manejo del agua almacenada, diseño de sus elementos de gestión, así como sobre su ecotoxicología potencial, impactos ambientales directos y diferidos, riesgos asociados, posibles sinergias reales y potenciales, efectos de bioacumulación, etc.

El proyecto desarrolla una línea de acción sobre la idoneidad de la reutilización de las aguas en el contexto de la sostenibilidad y seguridad ambiental a partir de experiencias reales y controladas en cinco lugares demostrativos.

Palabras clave: Aguas regeneradas, reutilización, regadío, ecotoxicología, impacto, riesgo, cultivos, suelos, acuíferos, sinergias, bioacumulación

ABSTRACT: R&D project EARSAC (Tragsa group) studies the effect of the irrigation with reclaimed water on crops, soils and aquifers in several pilot areas in the Balearic Islands.

As a result of almost four years of study watering with well water and reclaimed water, interesting environmental conclusions are being achieved on water management and specific designs, as well as on their potential ecotoxicology, direct and deferred environmental impacts, risks, real and potential synergistic effects, bioaccumulation processes, etc.

The project performs a line of action on the suitability of water reuse in the context of sustainability and environmental safety from controlled and real experiences in five demonstration sites.

To date the impacts detected and quantified, both direct and deferred, are of low intensity and scale. Important ecotoxicological problems have not been detected, driving to line of action on synergies among emerging pollutants.

KEY-WORDS: *Reclaim water, irrigation, soils, aquifers, crops, EARSAC.*

El artículo ha sido elaborado dentro del programa de difusión y transferencia tecnológica (DyTT) del proyecto de I+D+i EARSAC del Grupo Tragsa, CP 34-21.043.

SUMARIO: 1. Introducción 2. Materiales y métodos 3. Resultados y discusión 4. Conclusiones y recomendaciones 5. Bibliografía

1. Introducción

El aumento de la demanda de agua para la agricultura de regadío y otros usos ha provocado frecuentes impactos negativos en forma de intrusión marina, sobreexplotación de los acuíferos, etc. Para evitar confrontaciones entre sectores – turismo, población y agricultura– es necesario recurrir a recursos no convencionales, como es el agua regenerada procedente de Estaciones Depuradoras de Aguas Residuales, minimizando así la degradación de los recursos subterráneos y paliando ciertos efectos adversos del cambio climático. A pesar de ser un tema en interés desde hace años, todavía persiste una carencia de información importante para determinar cómo afecta el uso de aguas regeneradas a los suelos, a los cultivos y a las aguas subterráneas.

En este sentido, el objetivo del proyecto es obtener el conocimiento necesario para determinar la influencia del riego con agua regenerada en suelos, acuíferos y cultivos (tanto a nivel de calidad como de rendimientos), de forma interrelacionada e integral, así como determinar las “mejores prácticas” para su futura gestión.

Este Proyecto, que se está desarrollando en tres zonas piloto en las Islas Baleares (más dos con ensayos ocasionales), apuesta por un uso sostenible del agua mediante un carácter demostrativo que permitirá la creación de sinergias favorables al uso de aguas regeneradas en la agricultura, en las Comunidades de Regantes y para los usuarios en general. Asimismo, el mejor conocimiento de diseños óptimos, permitirá el ahorro de costes en determinados elementos como instalaciones de tratamientos terciarios en depuradoras (EDAR), construcción de balsas de regulación/depuración de aguas regeneradas, diseño de redes de control, etc.



Figura 1. Huerto piloto en María de la Salut.

1.1. LEGISLACIÓN AMBIENTAL

Los autores perciben el proceso de EIA en España como un proceso competencial que, en las últimas disposiciones legales, camina hacia su unificación.

Con objeto de enmarcar el procedimiento aplicable, se presenta la legislación vigente desglosada por su alcance (Nacional, balear y sectorial, con mención expresa de las disposiciones derogadas, cuya influencia en el procedimiento es directa.

1.1.A. Legislación de evaluación ambiental estatal

- Ley 21/2013, de 9 de diciembre, de evaluación ambiental.
- Real Decreto 1015/2013, de 20 de diciembre, por el que se modifican los anexos I, II y V de la Ley 42/2007, de 13 de diciembre, del Patrimonio Natural y de la Biodiversidad.
- Real Decreto 1131/1988, de 30 de septiembre, por el que se aprueba el Reglamento para la ejecución del Real Decreto Legislativo 1302/1986, de 28 de junio, de Evaluación de Impacto Ambiental. (DEROGADO EL 12/DIC/2013)
- Ley 9/2006, de 28 de abril, sobre evaluación de los efectos de determinados planes y programas en el Medio Ambiente. (DEROGADO EL 12/DIC/2013)
- Ley 27/2006, de 18 de julio, por la que se regulan los derechos de acceso a la información, de participación pública y de acceso a la justicia en materia de medio ambiente.
- Real Decreto Legislativo 1/2008, de 11 de enero, por el que se aprueba el texto refundido de la Ley de Evaluación de Impacto Ambiental de proyectos. (DEROGADO EL 12/DIC/2013)
- Ley 6/2010, de 24 de marzo, de modificación del texto refundido de la Ley de Evaluación de Impacto Ambiental de proyectos, aprobado por el Real Decreto Legislativo 1/2008, de 11 de enero. (DEROGADO EL 12/DIC/2013)

1.1.B. Legislación sectorial estatal aplicable

- Ley 42/2007, de 13 de diciembre, del Patrimonio Natural y de la Biodiversidad.
- Ley 40/2010, de 29 de diciembre, de almacenamiento geológico de dióxido de carbono.
- Real Decreto 1274/2011, de 16 de septiembre, por el que se aprueba el Plan estratégico del patrimonio natural y de la biodiversidad 2011-2017, en aplicación de la Ley 42/2007, de 13 de diciembre, del Patrimonio Natural y de la Biodiversidad.
- Ley 40/2010, de 29 de diciembre, de almacenamiento geológico de dióxido de carbono.
- Real Decreto 11/1995 de 28 de diciembre, por el que se establecen las normas aplicables al tratamiento de las aguas residuales urbanas.
- Real Decreto 509/1996, de 15 de marzo, de desarrollo del Real Decreto-ley 11/1995, de 28 de diciembre, por el que se establecen las normas aplicables al tratamiento de las aguas residuales urbanas
- Real Decreto 1290/2012, de 7 de septiembre, por el que se modifica el Reglamento del Dominio Público Hidráulico, aprobado por el Real Decreto 849/1986, de 11 de abril, y el Real Decreto 509/1996, de 15 de marzo, de

desarrollo del Real Decreto-ley 11/1995, de 28 de diciembre, por el que se establecen las normas aplicables al tratamiento de las aguas residuales urbanas

- Ley 34/2007, de 15 de noviembre, de calidad del aire y protección de la atmósfera.
- Decreto 833/1975, de 6 de febrero, por el que se desarrolla la Ley 38/1972, de 22 de diciembre. (Este Decreto tiene derogados los anexos II y III por los anexos I y IV de la Ley 34/2007)
- Orden de 18 de Octubre de 1976, de prevención y corrección de la contaminación atmosférica de origen industrial.
- Real Decreto 100/2011, de 28 de enero, por el que se actualiza el catálogo de actividades potencialmente contaminadoras de la atmósfera y se establecen las disposiciones básicas para su aplicación. (Corrección de errores del Real Decreto 100/2011, BOE. nº83 de 7 de abril de 2011)
- Real Decreto 9/2005, de 14 de enero, por el que se establece la relación de actividades potencialmente contaminantes del suelo y los criterios y estándares para la declaración de suelos contaminados.
- Ley 22/2011, de 28 de julio, de residuos y suelos contaminados
- Real Decreto 1620/2007 de 7 de diciembre por el que se establece el régimen jurídico de la reutilización de aguas depuradas
- Ley 22/1988, de 28 de julio, de Costas

1.1.C. Legislación de Evaluación Ambiental balear

- Decreto 4/1986, de Implantación y Regulación de los Estudios de Evaluación de Impacto Ambiental
- Decreto 85/2004, de 1 de octubre, por el que se modifica el Decreto 4/1986, de 23 de enero de implantación y regulación de los estudios de evaluación de impacto ambiental
- Ley 11/2006, de 14 de septiembre, de Evaluaciones de Impacto Ambiental y Evaluaciones Ambientales Estratégicas en las Illes Balears
- Ley 6/2009, de 17 de noviembre, de medidas ambientales para impulsar las inversiones y la actividad económica en Illes Balears

1.1.D. Legislación sectorial balear aplicable

- Ley 8/2012, de 19 de julio del turismo de las Illes Balears
- Decreto Ley 1/2013, de 7 de junio, de medidas urgentes de carácter turístico y de impulso de las zonas turísticas maduras
- ORDEN de 13 de julio de 1993 por la que se aprueba la Instrucción para el proyecto de conducciones de vertidos desde tierra al mar.
- Ley 1/1991, de 31 de enero, de espacios naturales y régimen urbanístico de las áreas de especial protección.
- Ley 5/2005, de 26 mayo, para la Conservación de los espacios de Relevancia Ambiental de las Illes Balears (LECO).

- Ley 1/2007 del 16 de marzo de contaminación acústica de illes Balears.
- Ley 3/2005, de 20 de abril, de protección del medio nocturno de las Illes Balears
- Ley 6/99 de 3 de abril de les Directrices de Ordenación Territorial de Illes Balears y medidas tributarias.
- Plan Territorial de Mallorca
- Plan Hidrológico de las Islas Baleares. Aprobado por R.D. 378/2001.
- Decreto 49/2003 de 9 de mayo, por el cual se declaran las zonas sensibles en Illes Balears.
- Decreto 23/2008 de 10 de octubre por el que se establecen las competencias y la estructura orgánica de las consejerías de la administración de la Comunidad autónoma de Illes Balears.
- Ley 1/98 del 21 de diciembre de Patrimonio Histórico de las Illes Balears
- Decreto 14/2011, de 25 de febrero, de aprobación del Reglamento de intervenciones arqueológicas y paleontológicas de las Illes Balears

2. Materiales y métodos

Se presenta la metodología principal de manera desglosada para cada una de las líneas de acción del proyecto. Finalmente éstas serán unificadas para la evaluación de impacto ambiental conjunta que es desarrollada al final del artículo.

2.1. Técnicas para estudiar y evaluar la incidencia sobre el suelo del riego con aguas residuales depuradas.

Se han identificado unidades edafológicas presentes en cada zona de estudio donde se hace uso de aguas regeneradas. En estas unidades se ha realizado una recogida de muestras cuatrimestralmente entre el verano de 2012 y el invierno de 2014, quedando pendiente un diagnóstico final del efecto del riego el último año de estudio. En cada una de las muestras se ha determinado el índice de estabilidad estructural mediante el método de Kemper y Rosenau (1986) partiendo de la tierra tamizada entre 1 y 2 mm. Las determinaciones de este parámetro se han realizado, en todos los casos, por triplicado. La salinidad (prueba previa de salinidad; CE 1:5 y sobre el extracto de pasta saturada) y el pH del suelo (suspensión 1:2,5) se han determinado de acuerdo a los métodos oficiales del MAPA (MAPA, 1994).

2.2. Evaluación de los efectos que tienen la utilización de las aguas regeneradas sobre la fisiología de la planta, la producción y la calidad de la cosecha.

Se han establecido tres zonas de estudio, en las cuales se han definido parcelas piloto con diferentes especies, en concreto: cultivos leñosos de vid, olivos jóvenes y hortícolas. Estas parcelas se dividen a la vez en dos subparcelas, por un lado las gestionadas directamente por los agricultores y, por el otro, las gestionadas por personal de TRAGSA. Cada una de estas subparcelas se riegan con dos fuentes de agua: agua regenerada y agua de pozo. En el caso de los cultivos hortícolas, también se han establecido dos tratamientos adicionales, equivalentes a utilizar una solución nutritiva que alcance, considerando los aportes iniciales de nutrientes de

cada tipo de agua, las unidades fertilizantes necesarias que optimizan el desarrollo y la producción de los cultivos estudiados. En todos los tratamientos, se han realizado medidas periódicas de los parámetros de control de la situación hídrica de la planta, los niveles de intercambio gaseoso a nivel foliar, medidas de la dinámica del crecimiento vegetativo, cobertura del dosel (LAI), floración, cuaje y crecimiento del fruto para los diferentes tratamientos considerados. Asimismo, se realizan análisis foliares para evaluar el estado nutricional de la planta en los diferentes estados fenológicos. Al final de cada ciclo de cultivo se evalúa la producción final y la calidad (firmeza, color, pH, sólidos solubles, si proceden) de las cosechas obtenidas en las especies consideradas por cada tratamiento.

2.3. Caracterización cualitativa del estado inicial de los acuíferos. Efecto del riego en los acuíferos.

Se han recopilado, ordenado, ampliado y, sobre todo, mejorado la información ya disponible de carácter hidrogeológico en piezometría y calidad de las aguas. Además se han delimitado los bordes de cada acuífero, definido la columna litoestratigráfica tipo, evaluado sus transferencias laterales y cerrado balances zonales como preparación de datos para su posterior modelización. Se están analizando las aguas subterráneas en, al menos, dos captaciones para cada sector seleccionadas en un circuito desde “aguas arriba”, donde no hay regadío, hacia abajo según el flujo de las aguas subterráneas atravesando las zonas regables. Los parámetros analizados son macro y microconstituyentes, así como una amplia variedad de trazas. El estudio de la evolución de los procesos de interacción frente a la tendencia evolutiva teórica en una modelación directa se está realizando mediante el código PHREEQC del USGS (Parkhurst y Appelo, 1999). En etapas posteriores se prevé el uso de códigos más complejos que tengan incorporados compuestos emergentes en sus bases de datos termodinámicas.

2.4. Estudio de la evolución de la calidad del agua de riego almacenado en las balsas de regulación.

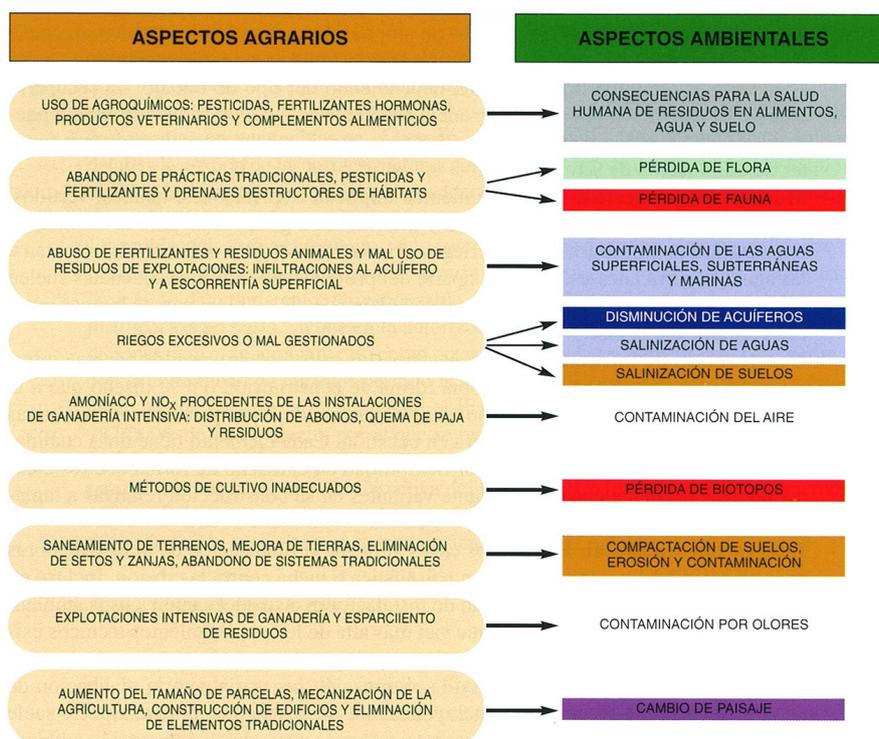
Se han establecido 2 balsas de estudio, con características morfométricas y de tratamiento del agua diferentes, en las localidades mallorquinas de Inca y Ariany. En cada una de las balsas se han realizado muestreos periódicos, con una frecuencia variable en función del régimen de uso del agua almacenada, mediante la instalación de un punto de muestreo fijo y la utilización de una embarcación que permite la realización de perfiles verticales, lejos de la influencia de las orillas. Dichos perfiles se realizan mediante una sonda multiparamétrica que nos da información sobre la temperatura, el pH, la conductividad, la salinidad, la concentración de oxígeno y su porcentaje de saturación en el agua. De esta forma se eligen las profundidades de muestreo que aportan más información y, mediante una botella hidrográfica tipo *Van Dorn*, se recogen muestras que permitirán determinar en el laboratorio los sólidos en suspensión, la concentración de clorofila *a*, la DBO₅, el COD y el COT, la alcalinidad, la concentración de cloruros y, finalmente, el análisis de nutrientes y metales. Además, en las diferentes profundidades elegidas en el perfil vertical, se

realiza el estudio de las comunidades fitoplanctónicas mediante el método de Utermöhl, y, finalmente, se lleva a cabo una pesca vertical de toda la columna de agua para el estudio de las comunidades del zooplancton. En la misma balsa se realizan medidas de transparencia e incidencia de la luz mediante la medición de la turbidez, la profundidad del disco de Secchi y el perfil de luz con un luxómetro. Por último, se realiza un análisis trimestral de la carga bacteriana y la determinación de patógenos en toda la columna de agua.

2.5. Evolución de la calidad del agua de riego a lo largo de las etapas de desinfección y filtración del sistema.

Se realiza el seguimiento de una serie de parámetros físico-químicos y microbiológicos, que se van analizando en distintos puntos del sistema: a la salida de la EDAR, antes de la entrada en la balsa regulación, en la balsa de regulación, a la salida de la balsa de regulación y a la salida del hidrante o boca de riego.

Gran parte de las acciones a tener en cuenta, en un esquema causal de aspectos agrarios y sus impactos ambientales derivados, se encuentran definidas en la figura 1, actuaciones agrarias e impactos ambientales, modificada de MAPA-Tragsatec, 2007.



Fuente: GARCÍA ÁLVAREZ, A. 1992. "Las transformaciones en regadío en el marco del desarrollo sostenible". Curso CEDEX Regadíos y MA.

Figura 2. Relación entre impactos agrarios y sus aspectos ambientales relacionados. Modificado de MAPA-Tragsatec, 2007

La metodología para la determinación de impactos y su evaluación es paralela a la contemplada en la legislación vigente (ya adelantada en el apartado introductorio), y debe ser desglosada en los siguientes apartados:

- LEGISLACIÓN
- ACCIONES DEL PROYECTO
- IDENTIFICACIÓN DE IMPACTOS
- VALORACIÓN DE IMPACTOS
- MEDIDAS CORRECTORAS
- PROGRAMA DE VIGILANCIA

3. Resultados y discusión

Hasta la fecha, el proyecto está avanzando adecuadamente en todas sus líneas de trabajo, si bien, es necesario esperar a la finalización de todas a las actividades previstas en el año 2016 para tener resultados concluyentes.

A continuación se exponen gran parte de los resultados obtenidos, que han permitido identificar los impactos ambientales relacionados, así como las medidas a adoptar para que su intensidad y escala sean mínimas.

3.1. Suelos

En referencia al estudio de suelos, se aprecian variaciones en la salinidad conforme al seguimiento estacional y la acumulación de fertilizantes acompañantes, dependiendo de la dosis de lavado, sin haberse detectado procesos de desestructuración del suelo por efecto del agua regenerada.

En la Tabla 1 se indican los niveles de salinidad del agua de riego y del suelo, el pH y la estabilidad estructural de los agregados del suelo en dos momentos del año. El muestreo de verano, realizado en la parte central de la estación, permite conocer las características del suelo en el momento de máxima demanda hídrica por parte de los cultivos mientras que en el muestreo de invierno, realizado durante la primera quincena de febrero permite evaluar el suelo en el momento de menor demanda hídrica después de un periodo largo sin aplicar agua de riego y haber recibido agua de lluvia muy por encima de las tasas de evapotranspiración. Las lluvias más importantes se localizan en otoño y para las zonas donde se ha realizado el seguimiento, desde septiembre a enero las precipitaciones suponen entre 200 y 300 mm.

Durante los meses de verano se produce un incremento de la salinidad en todas las parcelas, que dependerán de la calidad y del agua y la dosis de riego. En la viña, que recibe el agua de mejor calidad no se aprecia un incremento significativo de la conductividad eléctrica en verano. En los otros tres casos, sí se aprecia un incremento significativo que se manifiesta tanto en la prueba previa de salinidad (CE 1:5) como en la conductividad eléctrica del extracto de pasta saturada. En algunos casos estos niveles se pueden rebajar, en función de la calidad del agua de riego, ajustando las fracciones de

lavado (Letey et al., 2011). Con las lluvias de otoño e invierno se produce un lavado intenso, de acuerdo a las previsiones para estas condiciones concretas (Isidoro y Grattan, 2011). Esta recuperación de la situación inicial supone una garantía ante eventuales incrementos puntuales de la salinidad. Una incertidumbre que se genera ante estas situaciones de fuerte lavado es la pérdida, junto a las sales de otros iones de interés fertilizante.

El pH de la suspensión 1:2,5 presenta variaciones importantes, atribuibles a los cambios en la composición iónica de la solución del suelo. Estas variaciones son más notorias en los suelos descarbonatados localizados en la isla de Menorca y que, en este caso, están destinados al cultivo de forrajeras.

Los agregados del suelo, de entre 1 y 2 mm presentan un índice de estabilidad (IEE) aceptable en la mayoría de los casos, por encima del 60%, excepto en dos casos (olivar con el suelo más carbonatado y forrajeras con suelos descarbonatados o contenidos muy bajos) que presentan valores más bajos, ligeramente por debajo del 50%, que después, presumiblemente con el incremento de la actividad biológica y la distribución iónica se facilita su recuperación.

Tabla 1: Salinidad del agua de riego medida a partir de la conductividad eléctrica

Cultivo	Estación	CE agua (dS/m; 25 °C)	CE 1:5 (dS/m; 25 °C)	CEe (dS/m; 25 °C)	pH 1:2,5	IEE (%)
Viña	Verano	1,5	0,13±0,00	1,00±0,13	8,5±0,0	81,0±2,1
	Invierno (lluvia)		0,07±0,01	0,39±0,16	8,4±0,1	82,3±0,6
Olivar	Verano	1,4	0,49	3,49	7,8	71,1
	Invierno (lluvia)		0,08	1,00	8,2	49,3
Hortícolas	Verano	2,2	0,53±0,05	2,46±0,31	8,5±0,1	70,2±12,9
	Invierno (lluvia)		0,07±0,01	0,24±0,02	8,6±0,1	62,4±18,4
Forrajeras	Verano	3,30	0,48±0,16	5,13±1,56	7,7±0,4	73,2±12,5
	Invierno (lluvia)		0,10±0,03	-	8,2±0,4	48,8±22,2

3.2. Cultivos

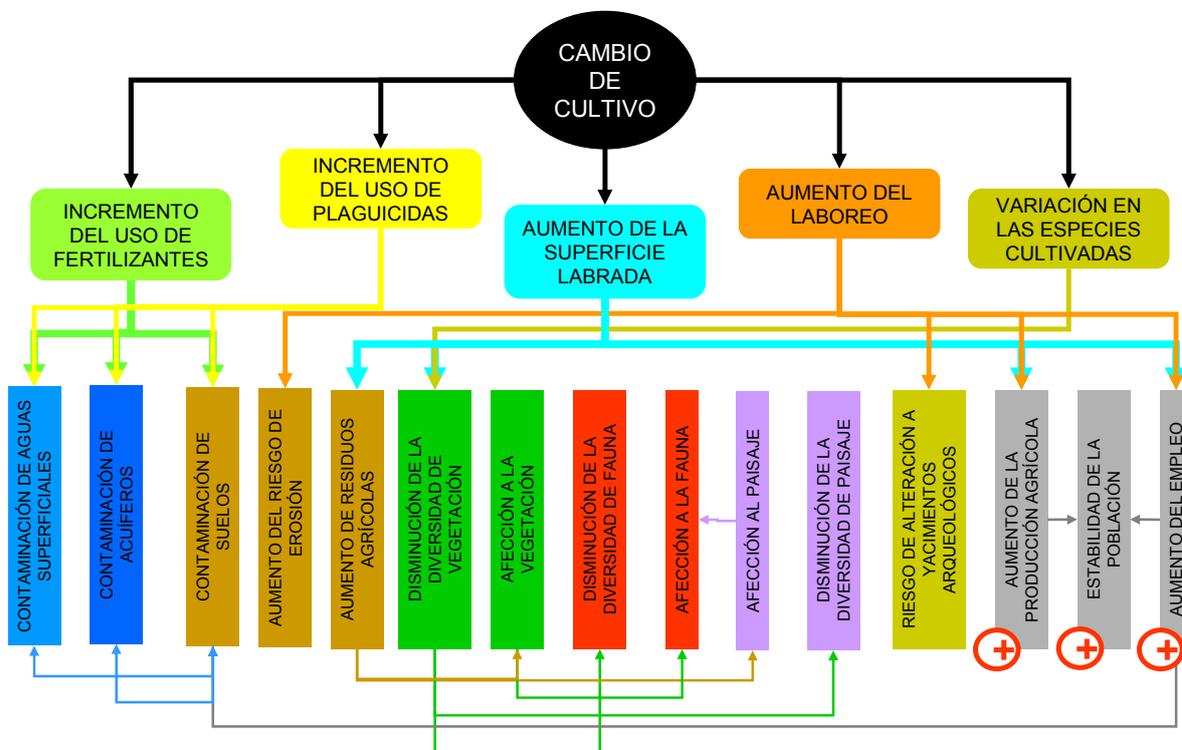
En referencia al estudio de los cultivos los resultados más importantes obtenidos de producción y calidad de cosecha en hortícolas indican que en pimiento si no se aplicara una solución nutritiva, la producción con agua regenerada se incrementaría en un 34,3% respecto a la aplicación de agua de pozo. En el caso de utilizar una solución nutritiva, esta diferencia seguiría siendo del mismo orden, incrementándose la producción en el caso de agua regenerada en un 35,8%. Por tanto, el agua regenerada incrementó la producción de igual manera corrigiendo o no con la aplicación de solución nutritiva. De forma general, la aplicación de una solución nutritiva también incrementó los rendimientos un 80,2% en el caso de regar con agua regenerada. Por otro lado, en pepino, sin la aplicación de solución nutritiva, la producción se redujo un 23,3% cuando se aplicó agua regenerada respecto a la aplicación de agua de pozo. Sin embargo,

cuando se aplicó una solución nutritiva, se produjo un incremento de la producción de un 30,9% en el caso de utilizar agua regenerada. Por tanto, en este cultivo el agua regenerada sólo aumentó la producción con la aplicación de solución nutritiva (un 83,4%).

Respecto a la calidad del fruto, los frutos de pimiento procedentes del agua regenerada tuvieron una mayor calidad, ya que se obtuvieron incrementos del 18,7% en peso del fruto y del 14% en el contenido en sólidos solubles (BRIX). Sin embargo, en el caso del pepino los frutos procedentes del agua regenerada presentaron un menor peso del fruto, aunque no significativamente, y un menor contenido en sólidos solubles (reducción del 23%). No existió ningún tipo de contaminación microbiológica de los frutos en ninguno de los casos experimentados.

Los resultados más importantes obtenidos en cultivos leñosos hasta la fecha a nivel fisiológico y nutricional, indican lo siguiente:

Las plantas jóvenes de olivo tuvieron un comportamiento similar en ambas fuentes de agua al inicio del período de riego en los dos años de experimentación. Sin embargo, durante la mitad del ciclo estival, los niveles de fotosíntesis neta y conductancia estomática fueron superiores en las plantas regadas con agua regenerada, a pesar de una situación hídrica similar entre ambos tratamientos, indicando una mejor adaptación de este cultivo al riego con aguas regeneradas. En lo referente a elementos nutricionales a nivel foliar, las plantas de ambas fuentes de agua alcanzaron los umbrales de suficiencia en todos los elementos macro y micronutrientes. En el caso de la vid, se observó un comportamiento diferente en función de la variedad estudiada. Así, en los dos años de experimentación, las vides de la variedad '*Cabernet Sauvignon*' tuvieron un mejor estado hídrico y niveles más altos de intercambio gaseoso cuando fueron regadas con aguas regeneradas a comienzos del período estival. Por el contrario, en este período, las vides de la variedad autóctona '*Prensal Blanc*' presentaron un mejor estado hídrico y mayores niveles de intercambio gaseoso cuando fueron regadas con agua de pozo. Sin embargo, a final del período estival, ambas variedades presentaron valores similares de potencial hídrico de tallo y de intercambio gaseoso. Parece evidente que esta variedad se adapta mejor que la autóctona '*Prensal Blanc*' al riego con agua regenerada. En cuanto al estado nutricional las dos variedades ('*Prensal Blanc*' y '*Cabernet Sauvignon*'), de manera general, éstas no alcanzaron los niveles de suficiencia en P y K foliar en ambas fuentes de agua a final del período estival, independientemente de la fuente de agua utilizada en el riego.



FUENTE: NOVOTECNI, 1995, EsIA de la ZR del Páramo Bajo de León, (Documento de síntesis)

Figura 3. Impactos previsibles del cambio de cultivo y método de riego. Modificado de MAPA-Tragsatec, 2007.

3.3. Acuíferos

Respecto al efecto sobre los acuíferos, se aprecian variaciones en función de la profundidad del nivel freático.

Se han establecido tres “circuitos” de aguas subterráneas acordes con el sentido de las líneas de flujo. En general, las líneas de flujo deducidas mediante cartografías hidrogeológicas detalladas muestran unos sentidos de flujo subterráneos más o menos concordantes con el sentido regional, con ligeras variaciones con el acuífero funcionando en régimen natural y afectado (con fuertes extracciones por riego). Estas orientaciones son, en Santa María del Camí, Norte-sur, drenándose hacia la Bahía de Palma; en Inca se ha establecido un circuito conectando pozos con el nivel freático somero y otro conectando sondeos con el nivel del agua bajo 20 m de profundidad, y el sentido general de flujo de las aguas subterráneas es nor-noroeste-este-sudeste; y en María de la Salud, con sentido suroeste-noreste, drenándose hacia la bahía de Alcudia.

Las cartografías hidrogeológicas locales actualizadas han permitido apreciar que no se ha detectado un “efecto de vaciado” acumulativo en estos sectores, la respuesta de los acuíferos ante las precipitaciones es diferida, con períodos de retardo de hasta 40 días por tratarse de acuíferos calcáreos de baja inercia con un cubrimiento detrítico de espesor variable y se ha detectado algunos puntos “anómalos”.

Los pozos de observación seleccionados se presentan en las tablas adjuntas con su ubicación y facies hidroquímicas:

Tablas 2 a 4. Puntos de agua de las redes de control de Santa María del Camí, Inca y María de la Salud respectivamente. ID común con la figura 4.

Muestra ID	ID	Facies	X	Y
CAMI 1 101172 BODEGA AGO12	C	Ca-Mg-Na-HCO ₃ -Cl	481913	4387493
CAMI 2 MA1458 ES MOLINETS ENE12	D	HCO ₃	481883	4388457

INCA PROF 1 ABONO PR62 MAY13	H	Na-Ca-Mg-Cl-HCO ₃	494509	4396177
INCA PROF 2 100399 PR46 AGO13	J	Ca-Cl-HCO ₃ -SO ₄	496406	4395541
INCA SUP 1 97086 OCT13	B	Ca-Na-HCO ₃ -Cl	494061	4395902
INCA SUP 2 PR 47 PAU AGO13	G	Na-Ca-Cl-HCO ₃ -SO ₄	494851	4395583
INCA SUP Y PROF 3 MA 0216	F	Ca-Na-HCO ₃ -Cl	496802	4395895

SALUD 1 22759 OCT13	E	Ca-Mg-SO ₄ -Cl	506926	4389083
SALUD 2 101159 HUERTO OCT13	A	Na-Ca-Cl-HCO ₃	507674	4389363
SALUD 3 84923 PR43 OCT13	I	Ca-Mg-Cl-SO ₄ -HCO ₃	507863	4389771

El aspecto de estos puntos de agua y su proyección sobre la cartografía hidrogeológica esquemática, con sus correspondientes equipotenciales y líneas de flujo, se presenta en la figura 4. En ella se ha incluido, además, el sentido de flujo regional (líneas a la izquierda) y local (líneas a la derecha).

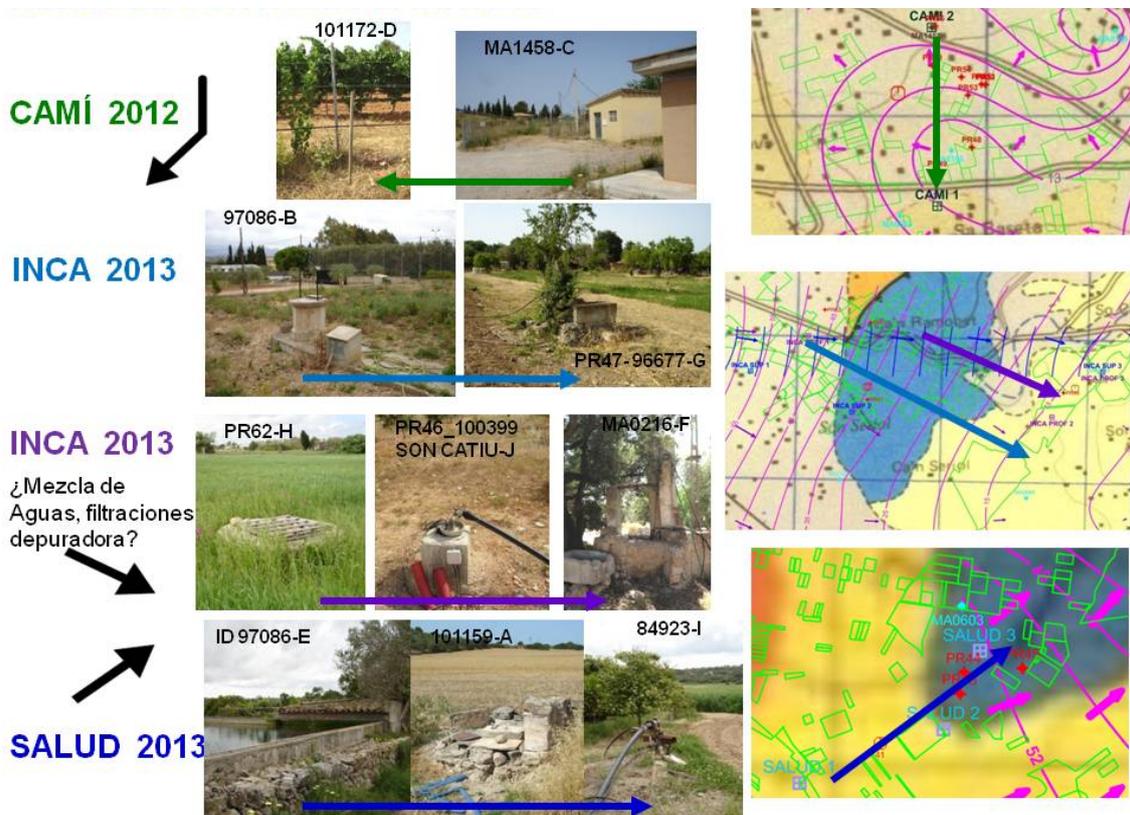


Figura 4. Puntos de agua seleccionados para el estudio de su evolución cualitativa y representación sobre la capa de geología. Los polígonos verdes corresponden a las parcelas regadas.

La calidad química de estos puntos de agua, a tenor de los análisis realizados, suele ser de facies bicarbonatadas y sulfatadas cálcicas, con proporciones variables de magnesio y sodio. La representación en un diagrama hidroquímico de Piper-Hill-Langelier se adjunta en la figura 5.

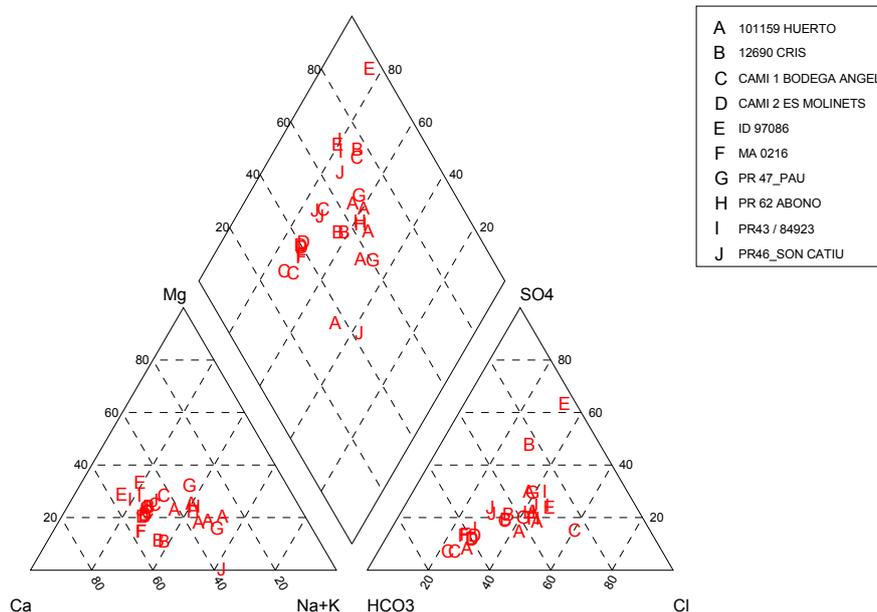


Figura 5. Hidrograma de Piper-Hill-Langelier para los puntos de agua de las tres redes de control establecidas.

El estudio de los procesos de interacción en esta etapa se lleva a cabo mediante la interacción con sólidos escasamente caracterizados geoquímicamente, por lo que se está empleando, en general, la fórmula química “pura”.

3.4. Balsas de riego como elemento depurador

En referencia a las dos balsas objeto de estudio, estas presentan características de construcción similares, pero con diferencias importantes en los parámetros morfométricos, profundidad y volumen, y en los resultados cualitativos y biológicos obtenidos.

Los perfiles verticales se vieron “condicionados” por un importante gradiente térmico en las dos balsas, aunque se observó de forma más acentuada en la balsa de Inca, donde en el año 2012 se registró una diferencia de más de 10 °C entre la superficie y el fondo. Este gradiente térmico conlleva la estratificación de la columna de agua en función del aumento de las temperaturas ambientales que se experimenta durante la primavera y que se mantienen altas durante el verano y principios de otoño. La menor profundidad de la balsa de Ariany, con 4,5 metros de columna de agua, frente a los 6,5 m de Inca, tiene como efecto una menor estabilidad de la estratificación, al estar más condicionada por los cambios ambientales de ciclo diurno, lo que conlleva procesos de estratificación y mezcla día-noche.

La estratificación térmica provoca la compartimentación de la columna de agua con la formación de una termoclina que evita los intercambios de gases de las capas más profundas con las superficiales. Como consecuencia, el oxígeno se agota en el fondo y

provoca la aparición de condiciones anóxicas en los últimos metros de la columna de agua. Podemos hablar de una estratificación del oxígeno y la formación de una oxiclina. En condiciones anóxicas, se generan gases reducidos como el sulfuro de hidrógeno o el metano. Al tomar el agua para riego del fondo, el agua que emana desprende malos olores debido a la presencia de estos gases (Moreno, 1991). Además, en condiciones reductoras la materia orgánica solo se degrada parcialmente, como lo demuestra el aumento de los valores de la DBO₅ en el fondo durante los periodos de mayor estratificación. El ambiente reductor también favorece la disminución de los valores de pH, lo que conlleva, también, a la formación de un gradiente de esta variable.

La menor estabilidad de la estratificación de la columna de agua en Ariany, provoca la mezcla de las capas del fondo anóxicas con las superficiales. Esto se traduce en una disminución de las concentraciones de oxígeno en toda la columna de agua, llegando incluso a la hipoxia en toda la balsa, como ocurrió en Ariany, lo que conlleva una menor eficiencia en la oxidación de la materia orgánica e incluso la mortandad de los peces.

Se ha podido observar como profundidades inferiores a los 3,5 m evitan la estratificación y la formación de capas anóxicas. De esta forma se mantiene la columna de agua homogénea y, generalmente, con niveles altos de oxígeno.

Otro de los parámetros destacados han sido las elevadas conductividades registradas en las dos balsas, especialmente en la de Ariany, donde se registraron 2.600 $\mu\text{S}/\text{cm}$, y también su importante variabilidad. La elevada mineralización del agua puede atribuirse en buena parte al sistema carbónico – carbonatos, como muestran las elevadas alcalinidades registradas, de forma destacada en Ariany. También, jugarían un importante papel las altas concentraciones de cloruros, aunque, generalmente, las variaciones de la conductividad no se correlacionan con cambios en las concentraciones de estos. En función de los análisis de elementos principales realizados, parece que el sulfato de sodio también tendría un rol importante en la conductividad total. La variabilidad de los valores, podría ser atribuible a los diferentes puntos de toma de agua potable de los distintos municipios que pueden tener, en origen, variabilidad en la mineralización. Tiempos de residencia del agua muy prolongados pueden conllevar máximos de conductividad, por efecto de la evaporación, en cambio, un tiempo de maduración adecuado, de entre 10 y 20 días, puede reducirla.

Ligado al incremento de las temperaturas, y a las explosiones primaverales de fitoplancton, se han registrado varios procesos de blanqueado, propios de las cuencas calizas del área mediterránea (Cabrera, 2007), que son el resultado de la precipitación de carbonato cálcico. Estos procesos coinciden con elevadas concentraciones de clorofila *a*, máximos de pH, mínimos de alcalinidad y una importante disminución de la transparencia del agua. Los procesos de blanqueado, pueden prolongarse durante unos 20 días para luego revertir las condiciones anteriores al proceso. Esto supone una eliminación de carbonato cálcico del sistema, lo que podría favorecer los sistemas de conducción del agua, pero pueden provocar una importante disminución de las concentraciones de hierro y fósforo que precipitarían conjuntamente con el calcio.

El importante desarrollo de las comunidades fitoplanctónicas, principalmente dominadas por Clorofíceas, puede explicar las bajas concentraciones registradas de nitratos por consumo de este nutriente, si se tiene en cuenta que estamos hablando de aguas residuales regeneradas, que en el caso de Ariany, provienen de un tratamiento secundario y, por tanto, sin desnitrificación. Las algas unicelulares incorporarían los nitratos en forma de nitrógeno orgánico. Las importantes proliferaciones de estas algas, se ven sucedidas por explosiones del zooplancton, más concretamente del Cladóceros *Daphnia magna*, que tienen como resultado otro de los fenómenos que se han podido observar en el estudio de las balsas, los procesos de aclarado ligados a las redes tróficas (Moreno, 1991; Talling, 2003). Dichos procesos, se relacionan con los máximos de transparencia, mínimos de sólidos en suspensión, mínimos de clorofila *a* y mínimos de DBO₅.



Figura 6. Balsa de almacenamiento de aguas regeneradas de Ariany.

Las diferentes fases de uso del agua, y por tanto de entradas y salidas del agua de la balsa, han condicionado los resultados obtenidos. La entrada y salida de agua constante, sin un mínimo tiempo de residencia del agua en la balsa, se traduce en los máximos valores de la DBO₅ y especialmente en el aumento de las cargas bacterianas, siendo preocupante la presencia de contaminación fecal, como *E. coli*, Enterococos o Clostridios, que se vieron seriamente favorecidos en Ariany durante el verano – otoño de 2013 con la entrada y salida constante del agua. Dichas concentraciones dejaron un agua no viable para el riego de cultivos no frescos, tal y como establece el Real Decreto 1620/2007. En Inca, con un verano de 2013 de menor actividad, y con un mayor tiempo de residencia del agua, las cargas bacterianas fueron esencialmente de origen ambiental, llegando a ser viable el riego de cultivos frescos, sin cloración previa, si nos centramos en las concentraciones de *E. coli* de octubre de 2013 (Figura 7).

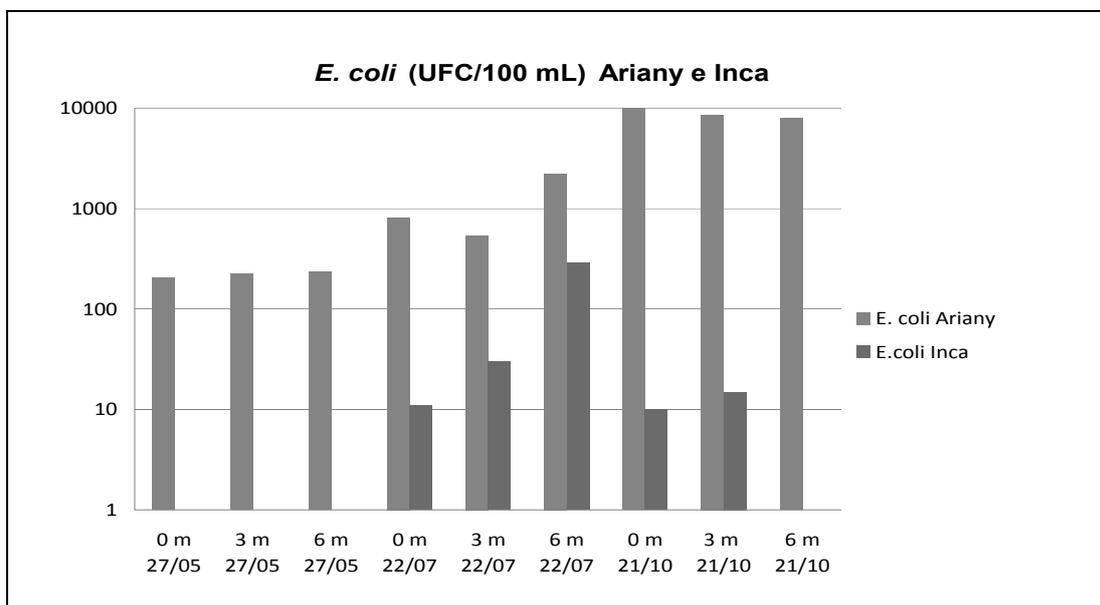
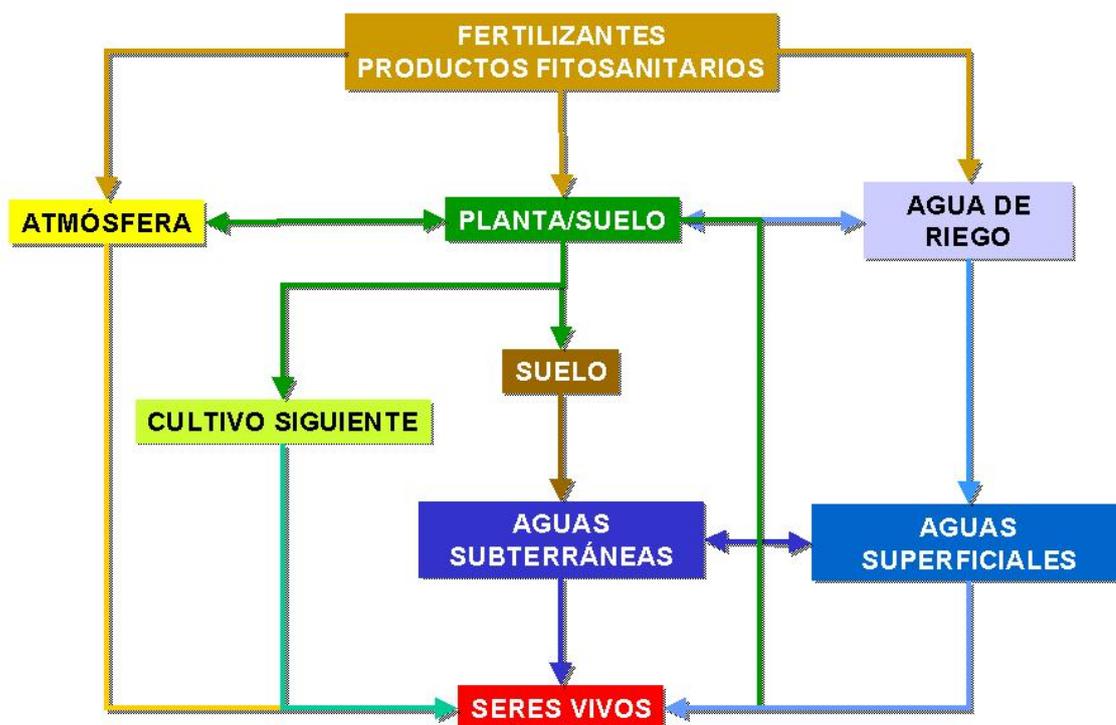


Figura 7. Gráfica comparativa a escala logarítmica de la evolución de las concentraciones de *E. coli* en las balsas de Ariany e Inca, con aguas de diferentes tratamiento y, en el caso de los últimos muestreos de Ariany, con un tiempo de residencia muy corto.

En definitiva y como resultados hasta la fecha, cabe destacar:

- La realización de calicatas en las parcelas de ensayo no registra variaciones en el perfil edáfico con respecto a las zonas aledañas tras 3 años de actividad.
- El estado nutricional de los cultivos para distintas variedades (hortícolas, olivar y vid), determinados mediante sucesivas pruebas de análisis foliar y comparaciones entre plantas similares regadas con distintas aguas (aguas de pozo vs aguas regeneradas), arrojan resultados concretos en los primeros ensayos: las plantas en general precisan un período de adaptación a la calidad de esta agua. Una vez superado éste, obtienen nutrientes de las mismas, lo que podría suponer un ahorro de costes en el abonado. Hasta la fecha no se ha detectado bioacumulación de metales pesados ni efectos nocivos de origen microbiológico.
- La caracterización hidrogeoquímica de los acuíferos en estudio, en general calcáreos con un recubrimiento de espesor variable, y los estudios de procesos de interacción aguas regeneradas-suelo-roca no han aportado variaciones significativas para este período de tiempo.
- En cuanto a los estudios relativos a la variación de la calidad de las aguas almacenadas en las balsas en función de la profundidad y tiempo de residencia, se están obteniendo recomendaciones de diseño y manejo que podrían afectar al dimensionamiento y funcionamiento futuro de este tipo de balsas, tales como profundidades someras (inferiores a 4 m), tomas flotantes para poder elegir el punto de captación del agua, entrada de agua con una alta aireación, etc.

CONTAMINACIÓN AGRARIA DIFUSA



FUENTE: INCISA, 1991 "EsIA de las obras de transformación en regadío de la Zona Centro de Extremadura"

Figura 8. Principales vectores afectados por la actuación. Modificado de MAPA-Tragsatec, 2007.

La identificación de impactos y valoración ha sido desglosada para la fase de construcción y de funcionamiento. Las medidas correctoras y algunas indicaciones para el programa de vigilancia y control se presentan cerrando este mismo apartado:

Los principales aspectos considerados se presentan en forma de tablas:

IDENTIFICACIÓN DE IMPACTOS

- Estación de bombeo
- Tendidos eléctricos
- Tuberías
- Uso de maquinaria
- Vertederos, canteras
- Instalaciones accesorias de obra

FACTORES	IMPACTO	ACTUACIONES	LOCALIZACIÓN	SIGNO
SUELOS	Ocupación del terreno en construcción de la estación de bombeo	Localización de infraestructuras	Estación de bombeo	N
SUELOS	Inducción de erosión por movimiento de tierras	Movimiento de tierras	Estación de bombeo	N
VEGETACIÓN	Eliminación de vegetación por la construcción de estaciones de bombeo	Eliminación de la vegetación	Estación de bombeo	N
PAISAJE	Alteración de la calidad paisajística por nuevos elementos artificiales	Localización de infraestructuras	Estación de bombeo	N
SOCIOECONOMÍA	Pérdida de terrenos cultivables por ocupación	Construcción de infraestructuras	Estación de bombeo	N

FASE DE CONSTRUCCIÓN

FACTORES	IMPACTO	ACTUACIONES	LOCALIZACIÓN	SIGNO
AGUAS SUPERFICIALES	Emisión de partículas sólidas por construcción	Movimiento de tierras	Zona en obras	N
SUELOS	Erosión inducida por infraestructuras y caminos	Construcción de infraestructuras	Zona Regable	N
SUELOS	Variación del modelado del terreno por movimiento de tierras	Movimiento de tierras	Infraestructuras	N
SUELOS	Desestructuración de los horizontes edáficos	Movimiento de tierras	Zona Regable	N
SUELOS	Aumento del riesgo de erosión por compactación	Preparación del terreno	Zona Regable	N
VEGETACIÓN	Dstrucción directa de la vegetación natural por desbroces, limpiezas y explanaciones	Eliminación de la vegetación	Infraestructuras	N
VEGETACIÓN	Pérdida de vegetación riparia por actuaciones en cauces y cambios en régimen hidráulico	Eliminación de la vegetación	Cauces y riberas	N
VEGETACIÓN	Pérdida de vegetación de secano por puesta en riego e infraestructuras	Puesta en riego	Secanos y barbechos	N
VEGETACIÓN	Pérdida de superficies de vegetación natural	Eliminación de la vegetación	Vegetación autóctona	N
FAUNA	Aumento de la turbidez en hábitats piscícolas	Movimiento de tierras	Río Tajo y Arroyos	N
FAUNA	Molestias a la fauna por ruidos y presencia de maquinaria	Construcción de infraestructuras	Zona Regable	N
FAUNA	Dstrucción directa o indirecta de hábitats faunísticos por desbroces, limpiezas y explanaciones	Eliminación de la vegetación	Infraestructuras	N
FAUNA	Aumento de la presión antrópica (Molestias, ruidos, circulación)	Uso de maquinaria	Zona Regable	N
PAISAJE	Impacto visual de la construcción de infraestructuras	Movimiento de tierras	Zona Regable	N
PAISAJE	Afección a monte bajo y matorral por la transformación	Eliminación de la vegetación	Vegetación autóctona	N
PAISAJE	Introducción de barreras visuales contrastadas y lineales en el paisaje	Localización de infraestructuras	Zona Regable	N
PATRIMONIO	Riesgo de pérdida de recursos arqueológicos y paleontológicos	Movimiento de tierras	Zona Regable	N
SOCIOECONOMÍA	Aumento del empleo por construcción de infraestructuras	Construcción de infraestructuras	Núcleos urbanos (Municipios)	P
SOCIOECONOMÍA	Alta aceptación social de la construcción de infraestructuras	Construcción de infraestructuras	Núcleos urbanos (Municipios)	P
SOCIOECONOMÍA	Aumento de la actividad secundaria y terciaria por la construcción de infraestructuras	Construcción de infraestructuras	Núcleos urbanos (Municipios)	P
SOCIOECONOMÍA	Disminución temporal de la actividad primaria durante la realización de obras de infraestructura	Construcción de infraestructuras	Parcelas en cultivo	N
SOCIOECONOMÍA	Cambio en la estructura y rentabilidad de las explotaciones agrarias	Cambio de cultivo	Parcelas en riego	P
SOCIOECONOMÍA	Incremento de la producción final agraria por la puesta en riego	Construcción de infraestructuras	Núcleos urbanos (Municipios)	P
SOCIOECONOMÍA	Consolidación del uso agrícola del suelo por la transformación	Construcción de infraestructuras	Parcelas en cultivo	P
SOCIOECONOMÍA	Aumento del gasto público en la zona	Construcción de infraestructuras	Zona Regable	P
SOCIOECONOMÍA	Revalorización de tierras	Construcción de infraestructuras	Parcelas en cultivo	P

FASE DE FUNCIONAMIENTO

- Funcionamiento de la balsa de riego
- Funcionamiento de los tendidos eléctricos
- Funcionamiento de la estación de bombeo
- Funcionamiento de la tubería de conexión
- Funcionamiento de las infraestructuras de regadío
- Funcionamiento de la red de riego con aguas regeneradas
- Funcionamiento de la red de drenaje
- Uso de maquinaria agrícola
- Laboreo y cambio de cultivo en las parcelas en riego
- Utilización de fertilizantes
- Utilización de pesticidas

VALORACIÓN DE IMPACTOS

FASE DE CONSTRUCCIÓN

FACTORES	IMPACTO	ACTUACIONES	LOCALIZACIÓN	SIGNO	VALOR
ATMÓSFERA	Emisión de polvo a la atmósfera por los movimientos de maquinaria de construcción y circulación de vehículos	Uso de maquinaria	Zona regable	N	3
SUELOS	Degradación edáfica por compactación	Uso de maquinaria	Zonas en obras	N	3
SUELOS	Generación de residuos por retirada de la capa asfáltica de algunos caminos	Vertidos	Zona Regable	N	1
VEGETACIÓN	Pérdida de vegetación riparia por actuaciones en cauces y cambios en régimen hidráulico	Eliminación de la vegetación	Cauces y riberas	N	2
VEGETACIÓN	Afección de la construcción de tuberías de riego a vegetación natural en bordes de caminos	Eliminación de la vegetación	Matorrales	N	1
PAISAJE	Alteración de la calidad paisajística por nuevos elementos artificiales	Localización de infraestructuras	Estación de bombeo	N	3
SOCIOECONOMÍA	Cambio en la estructura y rentabilidad de las explotaciones agrarias	Cambio de cultivo	Parcelas en riego	P	1
SOCIOECONOMÍA	Aumento del empleo por construcción de infraestructuras	Construcción de infraestructuras	Núcleos urbanos (Municipios)	P	2
SOCIOECONOMÍA	Alta aceptación social de la construcción de infraestructuras	Construcción de infraestructuras	Núcleos urbanos (Municipios)	P	1
SOCIOECONOMÍA	Aumento de la actividad secundaria y terciaria por la construcción de infraestructuras	Construcción de infraestructuras	Núcleos urbanos (Municipios)	P	2
SOCIOECONOMÍA	Incremento de la producción final agraria por la puesta en riego	Construcción de infraestructuras	Núcleos urbanos (Municipios)	P	2
SOCIOECONOMÍA	Consolidación del uso agrícola del suelo por la transformación	Construcción de infraestructuras	Parcelas en cultivo	P	1
SOCIOECONOMÍA	Revalorización de tierras	Construcción de infraestructuras	Parcelas en cultivo	P	3
SOCIOECONOMÍA	Aumento del gasto público en la zona	Construcción de infraestructuras	Zona Regable	P	3

FASE DE FUNCIONAMIENTO

FACTORES	IMPACTO	ACTUACIONES	LOCALIZACIÓN	SIGNO	VALOR
AGUAS SUBTERRÁNEAS	Disminución de la calidad de las aguas subterráneas por arrastre de sales por desagüe del riego	Aporte de agua	Acuífero	N	2
AGUAS SUBTERRÁNEAS	Recuperación del nivel freático original	Aporte de agua	Acuífero	P	1
AGUAS SUBTERRÁNEAS	Aumento del riesgo de contaminación para los acuíferos por aguas de peor calidad	Origen del agua	Acuífero	N	1
AGUAS SUBTERRÁNEAS	Aumento de niveles de P y N, contaminación por metales pesados y procesos anóxicos	Uso de fertilizantes	Acuífero	N	2
AGUAS SUBTERRÁNEAS	Aumento de niveles de metales pesados y compuestos orgánicos complejos	Uso de pesticidas	Acuífero	N	2
AGUAS SUPERFICIALES	Disminución de la calidad de las aguas superficiales por las sales y sólidos disueltas por el drenaje	Aporte de agua	Cauces y humedales	N	1
AGUAS SUPERFICIALES	Aumento del riesgo de contaminación para los arroyos por aguas de peor calidad	Origen del agua	Cauces y humedales	N	3
AGUAS SUPERFICIALES	Aumento de niveles de metales pesados y compuestos orgánicos complejos	Uso de pesticidas	Cuenca	N	2
SUELOS	Cambios químicos en el suelo por aporte de sales en el agua de riego	Aporte de agua	Parcelas en riego	N	1
SUELOS	Deterioro de la estructura del suelo por aporte de sodio	Aporte de agua	Parcelas en riego	N	2
VEGETACIÓN	Aumento de la vegetación espontánea de lindes, ribazos y desagües	Aporte de agua	Setos y linderos	P	3
VEGETACIÓN	Aumento del riesgo de presión sobre bosquetes y setos vivos por crecimiento de las parcelas	Laboreo	Parcelas en riego	N	1
FAUNA	Aumento de la disponibilidad de alimento en biomasa total	Uso de fertilizantes	Parcelas en riego	P	3
FAUNA	Contaminación por metales pesados tóxicos para animales (Cd, Mo, Se) por incremento en el uso de pesticidas	Uso de pesticidas	Parcelas en riego	N	1
SOCIOECONOMÍA	Creación de empleo por necesidades de laboreo e incremento de producción	Laboreo	Núcleos urbanos (Municipios)	N	2
SOCIOECONOMÍA	Reutilización de un residuo en una actividad productiva	Origen de agua	Zona Regable	P	1
SOCIOECONOMÍA	Acumulación de productos químicos en los vegetales cultivados	Uso de pesticidas	Zona Regable	N	2

MEDIDAS CORRECTORAS

FASE DE CONSTRUCCIÓN:

- Obras accesorias y maquinaria:
- Control de la circulación de maquinaria de obras fuera de los puntos señalados para la realización de trabajos
- Selección de un área determinada para la localización de un parque de maquinaria lejos de cursos de agua y vegetación de valor
- Recuperación e integración de la zona seleccionada al finalizar las operaciones
- Riego de los caminos en época de estiaje y de vientos fuertes para evitar la generación de nubes de polvo
- Enterramiento de las tuberías en la red de caminos:
- Detección de los puntos de cruce entre la red de caminos y los setos y muretes de interés para su correcta señalización al equipo de manejo de maquinaria para evitar daños accidentales
- Descompactación mediante roturación de las zonas afectadas en la zona de maniobra de la maquinaria pesada
- Retirada de la capa asfáltica y transporte a un depósito de residuos controlados
- Retirada a un depósito adecuado de cualquier sobrante de tierra generado

- Realización de las obras en puntos que cruzan sobre la red hidrológica permitiendo en todo momento el flujo natural
- Construcción de la estación de bombeo:
- Adecuación de las edificaciones (estación de bombeo) al estilo, color, textura y altura de las construcciones rurales circundantes

FASE DE FUNCIONAMIENTO:

- Aporte de aguas depuradas para riego:
- Garantía de un nivel mínimo de calidad del agua de riego mediante análisis químico y biológico para minimizar los efectos sobre agrológicos, ambientales y sanitarios
- Prohibición del uso de aguas que no alcancen los límnes permisibles para riego
- Respeto de los plazos para el fin del periodo de riego según cultivo para eliminar riesgos sanitarios
- Priorización de sistemas de riego localizado sobre aspersión y gravedad
- Control de las dosis de riego y lavado mediante la realización de campañas de información a los regantes
- Diseño de un correcto sistema de drenaje que evite encharcamientos
- Laboreo y cambio de cultivo:
- Prevención de la eliminación de los bosquetes y matorrales silvestres mediante su catalogación y protección en terrenos públicos y mediante fomento de ayudas a propietarios o adquisición por parte de la administración en el caso de las privadas
- Realización de prácticas de conservación de suelos
- Control de la superficie puesta en cultivo para prevenir ampliaciones en zonas con cubierta vegetal natural
- Respeto de las riberas de los arroyos de la cuenca
- Uso de fertilizantes
- Información al agricultor por parte de técnicos de la administración agraria sobre métodos de fertilización suficientes y poco agresivos
- Reutilización de los residuos ganaderos generados en el área para fertilización de terrenos agrícolas
- Realización de un registro de pozos y sondeos en la zona con sellado de los ilegales y establecimiento de perímetros de protección para los legales
- Uso de pesticidas
- Prohibición de la aplicación de pesticidas pulverizados en días de fuerte viento
- Fomento de control integrado y de métodos compatibles con el medio ambiente
- Realización de campañas de información a los regantes sobre la correcta aplicación de plaguicidas: dosis, métodos, espectro, permanencia...

PROGRAMA DE VIGILANCIA

- La garantía tanto de la reducción de efectos nocivos hasta límites admisibles y de la ratificación de los impactos positivos precisa de la realización de controles. La asiduidad y técnica depende de los objetivos marcados para la vigilancia.
- Certificación mediante acreditación de la adecuada gestión de los restos de capa asfáltica en un depósito de residuos legalmente establecido

- Puesta en marcha de un sistema de control de la calidad de las aguas de riego, subterráneas y superficiales: pH, contenido en Na, Cloruros, nitratos, nitritos, fósforo, potasio, metales pesados y bacteriológico
- Catálogo de sondeos y pozos con relación de propietarios, situación, estado, profundidad, nivel piezométrico, perímetro de protección
- Control mediante encuesta anual de caudales de riego y superficies regadas (especie en cultivo, sistema de riego, consumo de agua, insumos, producción, rentabilidad, UTH...)

4. Conclusiones y recomendaciones

En definitiva, desde el Grupo Tragsa y a través de sus proyectos de I+D+i en tecnologías del regadío, se está trabajando en la tecnificación de las Comunidades de Regantes, favoreciendo una mejor gestión y explotación de sus redes colectivas de riego que les permita lograr una reducción importante de costes, y por tanto, obtener una mayor rentabilidad.

Asimismo, los avances perseguidos en el fomento del uso sostenible de otras fuentes alternativas de aguas, suponen una contribución importante para el medio ambiente en general y para que el sector agrícola del regadío continúe evolucionando hacia un crecimiento sostenido.

Manteniendo la secuencia de los apartados previos, en el mismo orden, se han destacado los siguientes aspectos:

El fuerte filtrado y retención de partículas e iones más gruesos en el suelo edáfico reduce a niveles casi imperceptibles la llegada de vectores procedentes del regadío con aguas regeneradas al macizo rocoso saturado subyacente, habida cuenta del escaso caudal aplicado y del efecto del suelo edáfico.

Los primeros resultados obtenidos en el estudio de los cultivos están indicando que, para asegurar un mayor rendimiento con la aplicación de agua regenerada en cultivos hortícolas, es necesaria la aplicación de una solución nutritiva, ya que se podrían casi duplicar los rendimientos, frente a un agua de pozo sin fertilizar. Sin embargo, es fundamental una adecuada caracterización de las aguas regeneradas para dimensionar adecuadamente la fertilización y un posterior asesoramiento al agricultor que tenga que manejar este tipo de agua. En cultivos leñosos se está mostrando también la necesidad de realizar ajustes en los programas de fertilización que garanticen unos adecuados rendimientos del cultivo de la vid en el futuro, independientemente de la fuente de agua utilizada en el riego.

El efecto sobre suelos y acuíferos presenta procesos colmatantes de distinta naturaleza, si bien ambos llevan a cabo un importante papel de filtrado y depuración, sin apenas indicios que pongan en riesgo su “capacidad de acogida”. No obstante, el efecto sobre estos vectores debe ser estudiado en un período de tiempo superior.

Los resultados obtenidos permiten además recomendaciones de diseños constructivos específicos para balsas tendentes a una máxima eficiencia depuradora, redes de riego con posibilidad de introducir elementos depuradores “in itinere”, tipo biopelículas, así como pozos y sondeos perforados en zonas regadas con aguas regeneradas aislados adecuadamente del suelo edáfico mediante cementación de su espacio anular en un tramo que puede alcanzar los 10 metros de profundidad.

La calidad del agua de las balsas definida a partir de los parámetros que regula la legislación vigente para su uso en los diferentes tipos de riego, básicamente DBO₅ y parámetros microbiológicos, dependen de la hidrodinámica de las balsas y de la morfometría de las mismas. En este contexto, los factores clave son el tiempo de renovación del agua, el que transcurre entre su entrada desde las EDARS hasta su salida para riego, y la profundidad de la laguna, de la cual depende la intensidad de los procesos de estratificación y mezcla vertical de la columna de agua.

Los parámetros fisicoquímicos y biológicos que nos proporcionan una mayor información sobre las características del agua de las balsas, aparte de los citados anteriormente, son: la transparencia, la alcalinidad, el pH, la concentración del oxígeno disuelto y la biomasa del fitoplancton. Dichos parámetros experimentan variaciones en el espacio y en el tiempo que nos informan sobre la compartimentación del agua durante los episodios de estratificación, sobre las características del agua, y sobre dos de los procesos que de forma más contundente cambian las condiciones del agua: la precipitación de carbonato cálcico y el aclarado del agua debida a la fuerte presión trófica del zooplancton sobre el fitoplancton.

Gracias a los resultados obtenidos tras un trienio de desarrollo de este proyecto, el Grupo Tragsa empieza a apostar por el uso de aguas regeneradas, creando además sinergias favorables en las Comunidades de Regantes, potenciando las inversiones por parte de la Administraciones en regadíos que utilicen este tipo de aguas, y ampliando los esquemas topológicos de gestión hídrica convencionales.

Aunque los resultados son “esperanzadores”, deberán ser evaluados en etapas posteriores, tras alcanzar resultados concluyentes en los efectos a largo plazo.

Al final del apartado y como anexo 1 se adjuntan las tablas de chequeo para la evaluación de los impactos detectados, que pueden servir para estudios análogos: Parámetros para el seguimiento ambiental por infraestructuras y parcelas en riego (tabla 1), parámetros para el seguimiento ambiental por infraestructuras (tabla 2), parámetros para el seguimiento ambiental de canales y acequias (tabla 3) y parámetros para el seguimiento ambiental de pozos y sondeos (tabla 4).

5. Bibliografía

- AEAS. Asociación Española de Abastecimiento de Agua y Saneamiento. 2011. Manual de buenas prácticas de uso de aguas regeneradas (2011). Comisión 5. Depuración de Aguas Residuales. Edición en CD, AEAS, 2011.
- Ayers, R.S., Westcot, D.W., 1985. Water Quality for Agriculture. FAO Irrigation and Drainage Paper 29. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome, 174 pp.
- Cabrera, M. D., 2007. Distribución del fitoplancton en la Laguna de la Cruz y su relación con los nutrientes. Tesis doctoral. Valencia: Universitat de València.
- CONSELLERIA D'AGRICULTURA, PESCA I ALIMENTACIÓ. "Plan de modernización del regadío en la Comunidad Valenciana". Generalitat Valenciana.
- CONSOLIDER TRAGUA. 2010. Ejemplos prácticos de reutilización de agua residual tratada y regenerada para el riego de cultivos. Evaluación de riesgo. 26 pp.
- CONSOLIDER TRAGUA. 2011. Guía de caracterización edáfica para actividades de regeneración de aguas residuales en usos ambientales. 36 pp.
- DUNNE, T. and LEOPOLD, L.B. (1978). "*Water in Environmental Planning*". W.H. Freeman and Company. New York.
- FAO (2013). Reutilización del agua en la agricultura: ¿beneficios para todos?. Informe sobre temas hídricos FAO nº 35. 119 pp. Roma, 2013.
- Isidoro, D., Grattan, S.R., 2011. Predicting soil salinity in response to different irrigation practices, soil types and rainfall scenarios. *Irrigation Science*, 29:197–211.
- Kemper, W.D., Rosenau, R.C. 1986. Aggregate stability and size distribution. En: Klute, A. (Ed.) *Methods of soil analysis. Part I. Physical and mineralogical Methods*. American Society of Agronomy. Madison, pp. 425-442.
- Letey, J., Hoffman, G.J., Hopmans, J.W., Grattan, S.R., Suarez, D., Corwin, D.L., Oster, J.D., Wu, L., Amrhein, C. 2011. Evaluation of soil salinity leaching requirement guidelines. *Agricultural Water Management*, 98: 502–506.
- Mandal, U.K., Bhardwaj, A.K., Warrington, D.N. Goldstein, D., Tal, A.B., Levy, G.J. 2008. Changes in soil hydraulic conductivity, runoff, and soil loss due to irrigation with different types of saline-sodic water. *Geoderma*, 144: 509–516.
- MAPA, 1994. Métodos oficiales de análisis. Tomo III. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. Madrid.
- MAPA-Tragsatec, 2004. Guía sobre evaluación de impacto ambiental de proyectos de consolidación y mejora de regadío. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. Madrid.
- MAPA-Tragsatec, 2007. Guía sobre evaluación de impacto ambiental de proyectos de regadío. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. Madrid. 396 pg.
- MAPA-Tragsega. Guía de la Condicionalidad de la Política Agraria Común. Tragsega-MAPA. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. Madrid. NIPO 251-05-066-2. 226 pg.

- MARM. 2010. Manual para la implantación de sistemas de depuración en pequeñas poblaciones. Edición en CD. MARM, 2010.
- MARM. 2010. Plan Nacional de reutilización de aguas. Versión preliminar del Plan. MARM, diciembre de 2010.
- MARM. 2010. Guía para la aplicación del RD 1620/2007 por el que se establece el régimen jurídico de la reutilización de las aguas depuradas. 128 pp. MARM, 2010.
- Moreno, M.D., 1991. Depuración por lagunaje de aguas residuales. Manual de operadores. Monografías de la Secretaría de Estado para las Políticas del Agua y el medio Ambiente, MOPT.
- Parkhurst D. y Appelo, C.A. 1999. User's guide to PHREEQC (V-2). A computer program for speciation, batch-reaction, one dimensional transport, and inverse geochemical calculations. Water resources Investigations, Report 99-4259. Denver, 1999.
- Real Decreto 1620/2007. Boletín Oficial del Estado, 8 de diciembre de 2007. Ministerio de la Presidencia. Gobierno de España.
- San Sebastián, J, 2004. Legislación de EIA estatal y autonómica en España. Aplicación de evaluación estratégica al regadío. Comunicación en JT Evaluación ambiental Estratégica. VII CONAMA, Madrid.
- Talling, J.F., 2003. Phytoplankton – zooplankton seasonal timing ant the “clear-water phase” in some English lakes. *Freshwater Biology*. 48: 39 – 52. 2003.

ANEXO 1. TABLAS DE CHEQUEO

Tabla 1. Parámetros para el seguimiento ambiental por infraestructuras y parcelas en riego

LOCALIZACIÓN	FACTORES	TIPO	PARÁMETRO
Infraestructuras	FAUNA	IMPACTO	Superficie de hábitats faunísticos equivalentes a vegetación eliminada
	PAISAJE	IMPACTO	Calidad paisajística
Núcleos urbanos (Municipios)	SOCIOECONOMÍA	IMPACTO	Actividad económica
			Balance demográfica y renta media
			Balance migratorio
			Demanda de riego encuestada
			Densidad de población
			Distribución de la renta
			Empleo generado por las explotaciones
			Empleo generado por las obras
			Grado de aceptación por encuesta
			Producción Final Agraria
			Relación entre incremento de UTH agrarias y UTH servicios derivadas
			Renta media
			Renta y rentabilidad agraria
			Ruido generado
Situación de actividades anejas al regadío incluidos en el PGT: secaderos de cereal, fábricas de piensos compuestos, matadero, edificios para cooperativas agrarias			
TIR			
Parcelas en cultivo	SOCIOECONOMÍA	IMPACTO	Abandono de tierras
Parcelas en riego	SOCIOECONOMÍA	IMPACTO	Comparación entre explotaciones en características, dimensiones, producción final, producto neto y beneficio
			Productividad agrícola
		MEDIDA	Renta agraria actual y futura
			Gasto energético en bombeo
Parcelas en riego	SOCIOECONOMÍA	VIGILANCIA	Encuesta directa a las explotaciones por personal especializado al cabo de 5 años de la Transformación: N° de explotaciones, N° de ha en riego por explotación, Carga ganadera asociada, Producción final agraria por explotación, beneficio por explotación, renta por explotación, valor medio por ha y U.T.H. (según magnitudes del PGT)
Parques de maquinaria	SUELOS	IMPACTO	Contaminación por hidrocarburos y aceites
Cauces y riberas	AGUAS SUPERFICIALES	IMPACTO	Profundidad útil de cauces
	VEGETACIÓN	IMPACTO	Turbidez y sólidos en suspensión
Masas arbóreas	SUELOS	IMPACTO	Superficie de vegetación riparia
	VEGETACIÓN	IMPACTO	USLE (C)
	FAUNA	IMPACTO	Superficie desarbolada
	PAISAJE	IMPACTO	Superficie desarbolada
	PAISAJE	IMPACTO	Superficie de matorral afectada por obras
Vegetación autóctona	VEGETACIÓN	IMPACTO	Superficie de vegetación natural
	VEGETACIÓN	VIGILANCIA	Estado de conservación de especies botánicas
	FAUNA	IMPACTO	Vegetación afectada por obras
Repoblaciones	VEGETACIÓN	IMPACTO	Diversidad y calidad paisajística
		VIGILANCIA	Análisis del comportamiento de especies usadas, reposición de marras usando las óptimas y eliminación de oportunistas competidores
	PAISAJE	IMPACTO	Métodos de revegetación
		MEDIDA	Superficie de repoblaciones afectada por obras
			Superficie de pantallas durante transformación

LOCALIZACIÓN	FACTORES	TIPO	PARÁMETRO		
Yacimientos arqueológicos	PATRIMONIO	MEDIDA	Existencia de restos arqueológicos		
Zona en obras	GENERALES	MEDIDA	EsIA sobre modificaciones del proyecto		
		VIGILANCIA	Concordancia entre proyecto y construcciones		
			Existencia de informes anuales		
			Existencia de informes especiales		
			Informe semestral sobre el estado de las medidas en fase de transformación sobre suelo, paisaje, vegetación, fauna, patrimonio y aguas		
Informes mensuales sobre incidentes: climatología, visitas, descripción y valoración de obra realizada, modificaciones y resultados de control					
Zona Regable	GENERALES	MEDIDA	Directrices ambientales sobre PCO		
		VIGILANCIA	Presupuesto de medidas correctoras		
			Informe anual sobre análisis de aguas (según MAPA), Superficies por aprovechamiento, volumen de agua de cada cultivo y calendario de riegos		
	SUELOS	IMPACTO	Informe anual sobre estado de las medidas en fase de explotación relacionadas con agroquímicos y laboreo		
			Índice de compactación		
		MEDIDA	Pérdida de horizontes edáficos		
			Superficie ocupada por infraestructuras		
			Localización de depósitos de tierras vegetales		
	VEGETACIÓN	MEDIDA	Superficie de las estaciones de bombeo y longitud de líneas		
			Superficie ocupada por infraestructuras y regadíos		
	FAUNA	IMPACTO	Calidad paisajística		
			Desaparición de especies sensibles		
			Ruido en baudios		
			Informes especiales sobre incidencias de obra particulares		
			Informes mensuales sobre incidentes: climatología, visitas, descripción y valoración de obra realizada, modificaciones y resultados de control		
			Informes y análisis sobre contaminación		
			Método de seguimiento de las medidas correctoras		
			Vigencia de la Vigilancia ambiental		
			PAISAJE	IMPACTO	Presencia de residuos y calidad paisajística
					Visibilidad y calidad del paisaje
	VIGILANCIA	Superficie ocupada por la Zona Regable			
		Visibilidad de infraestructuras			
		Existencia de proyecto de restauración			
	PATRIMONIO	MEDIDA	Método de revisión de medidas correctoras		
			Vigencia del PVA		
	SOCIOECONOMÍA	IMPACTO	Existencia de restos arqueológicos		
			Superficie estudiada arqueológicamente		
VIGILANCIA		Productividad final agraria			
		TIR y periodo de recuperación de la inversión			
Zonas de baja capacidad de acogida	GENERALES	MEDIDA	Superficie excluida de transformación en riego		
	PAISAJE	MEDIDA	Encuesta directa: N° de explotaciones, n° de ha en riego por explotación, carga ganadera, PFA, beneficio, renta, valor medio por ha y UTH		
Zonas degradadas	PAISAJE	IMPACTO	Cubierta vegetal		
			Localización de zonas excluidas		
Zonas sensibles aptas para riego	GENERALES	MEDIDA	Superficie y localización de áreas excluidas		
			Estado de conservación de las zonas degradadas		
			EsIA y DIA de proyectos derivados		

Tabla 1. Parámetros para el seguimiento ambiental por infraestructuras

LOCALIZACIÓN	FACTORES	TIPO	PARÁMETRO
Infraestructuras	SUELOS	IMPACTO	Superficie ocupada por infraestructuras
			Cambios en curvas de nivel y geomorfología
	VEGETACIÓN	IMPACTO	Superficie de vegetación natural equivalente
		MEDIDA	Superficies no vegetadas en el entorno de infraestructuras
	FAUNA	MEDIDA	Presencia de elementos de salvamento en red hidráulica
	PAISAJE	IMPACTO	Calidad intrínseca, incidencia visual y fragilidad
		MEDIDA	Cubierta vegetal en torno a grandes infraestructuras
			Existencia de zonas degradadas
			Superficie vegetal replantada
	PAISAJE	MEDIDA	Visibilidad de infraestructuras
Localización de infraestructuras y capacidad de absorción visual			
Taludes y terraplenes	AGUAS SUPERFICIALES	IMPACTO	Escorrentías a pie de taludes
	SUELOS	IMPACTO	Aparición de zonas desnudas o degradadas
		MEDIDA	Cubierta vegetal de taludes
			Estado de conservación de taludes y terraplenes
	PAISAJE	MEDIDA	Longitud y pendiente de taludes
Vallados	FAUNA	MEDIDA	Cubierta vegetal de taludes
			Métodos de señalización
Núcleos urbanos (Municipios)	PAISAJE	MEDIDA	Red de pasos en Zona Regable
			Perímetro arbolado
	SOCIOECONOMÍA	IMPACTO	Balace demográfico
			Empleo generado por las obras
			Grado de aceptación por encuesta
		MEDIDA	Renta media
			Empleo generado por las obras
Ruido nocturno			
Cauces y humedales	AGUAS SUBTERRÁNEAS	IMPACTO	Afloramientos del acuífero
	AGUAS SUPERFICIALES	IMPACTO	Localización de puntos de estancamiento
		MEDIDA	Sólidos en suspensión en el río Esla aguas debajo de las obras
	VEGETACIÓN	MEDIDA	Señalización de zonas y ejemplares a respetar
Replantaciones	VEGETACIÓN	MEDIDA	Turbidez del agua y cambios en distribución de especies piscícolas
			Estado de desarrollo de las revegetaciones
	VEGETACIÓN	VIGILANCIA	Superficie revegetada
			Climatología durante replantaciones
			Comprobación de 1 unidad de plantación por cada 50
			Control de germinación y nascencia a los 45 días de ejecución
			Cubierta vegetal
			Estado de conservación
			Muestreo en el 5% de las unidades propuestas al azar: Apertura del hoyo, enterrado, riego y distribución
			Revisión de etiquetas de envases o certificado de garantía del fabricante
Visita semanal al depósito de plantas con revisión de especies, tamaños y sanidad			

LOCALIZACIÓN	FACTORES	TIPO	PARÁMETRO
	PAISAJE	VIGILANCIA	Dos revisiones (verano y primavera): revisión de la cobertura vegetal de taludes
Vegetación autóctona	VEGETACIÓN	IMPACTO	Cubierta vegetal
			Diversidad vegetal
			Superficie ocupada por infraestructuras
	MEDIDA	Cubierta vegetal	
		Densidad y especies plantadas	
		Superficie afectada por obras	
FAUNA	VIGILANCIA	Instalación de tuberías, desagües y caminos sobre sabinar	
	IMPACTO	Diversidad en superficie y porcentaje de hábitats en zonas regadas	
		MEDIDA	Cronograma de la ejecución de obra y áreas de avutardas
Parcelas en cultivo	SOCIOECONOMÍA	IMPACTO	Superficie de cultivos afectada por obras
			Valor medio de terrenos agrícolas
Zona Regable	GENERALES	MEDIDA	Mecanismos de coordinación entre PVA y Obra
		VIGILANCIA	Mecanismos de coordinación entre PVA y Obra
	ATMÓSFERA	IMPACTO	Nivel de ruido en baudiós y generación de nubes de polvo
		VIGILANCIA	Mecanismos de control de impactos atmosféricos
	SUELOS	IMPACTO	Pérdida de horizontes edáficos
			Superficie afectada por salinización
			Superficie Agraria Útil (SAU)
			USLE (C)
		MEDIDA	Superficie ocupada por infraestructuras
			Distribución de extracciones y aportes
	VIGILANCIA	Índice de compactación	
	VEGETACIÓN	IMPACTO	Medidas correctoras aplicadas
		IMPACTO	Localización de depósitos de tierras vegetales
	FAUNA	IMPACTO	Superficie eliminada por clases de vegetación
		MEDIDA	Localización temporal y física de las obras
	PAISAJE	IMPACTO	Cronograma de la ejecución de obra
			Estado de conservación de las zonas degradadas
		MEDIDA	Visibilidad de infraestructuras
	PATRIMONIO	IMPACTO	Valor paisajístico de infraestructuras
		MEDIDA	Visibilidad de infraestructuras
		VIGILANCIA	Existencia de restos arqueológicos
	SOCIOECONOMÍA	IMPACTO	Existencia de restos arqueológicos y forma de vigilancia especializada
		MEDIDA	Aparición de restos durante las obras
Zonas sensibles	SUELOS	IMPACTO	Existencia de restos arqueológicos y forma de vigilancia especializada
		VIGILANCIA	Ruido en baudiós
	VEGETACIÓN	MEDIDA	Existencia de derrumbamientos y hundimientos en zonas yesíferas
	FAUNA	IMPACTO	Localización y vulnerabilidad
	PAISAJE	MEDIDA	Especies y cubierta vegetal de las áreas llanas revegetadas
			Evolución de la población de avutardas
Perímetro arbolado			
Zonas degradadas	SUELOS	MEDIDA	Visibilidad de infraestructuras
	VEGETACIÓN	MEDIDA	Especies utilizadas en pantallas
			Estado de regeneración de zonas degradadas
			Cubierta vegetal
			Época de plantación

LOCALIZACIÓN	FACTORES	TIPO	PARÁMETRO
			Especies usadas en revegetación
Zonas en obras	GENERALES	VIGILANCIA	Formación ambiental de dirección de obra
			Mecanismos de coordinación entre PVA y Obra
	ATMÓSFERA	IMPACTO	Nivel de ruido en baudiós
	AGUAS SUPERFICIALES	MEDIDA	Turbidez y sólidos en suspensión
		IMPACTO	Turbidez (SS) de aguas en arroyos y drenajes
	FAUNA	IMPACTO	Localización temporal y física de las obras
			Superficie afectada por obras
	PATRIMONIO	MEDIDA	Existencia de vigilancia
Permanencia de un arqueólogo en equipo de obras			
Zonas sin obras	SUELOS	MEDIDA	Existencia de rodadas

Tabla 3. Parámetros para el seguimiento ambiental de canales y acequias

LOCALIZACIÓN	FACTORES	TIPO	PARÁMETROS
Acequias	SUELOS	IMPACTO	Visibilidad
		MEDIDA	Cubierta vegetal de taludes <15%
			Cubierta vegetal de taludes de 15-20%
			Cubierta vegetal de taludes de 20-25%
	PAISAJE	IMPACTO	Longitud y pendiente de taludes
		MEDIDA	Fragilidad paisajística
Canales principales	AGUAS SUPERFICIALES	IMPACTO	Superficie vegetal replantada
	SUELOS	IMPACTO	Cambios en drenaje natural (deseccaciones y encharcamientos)
			Superficies afectadas por encharcamiento
			Flujo modificado del drenaje
			Superficie de taludes y clases de tierra (altura y longitud de desmontes)
			Cambios en curvas de nivel y geomorfología
		MEDIDA	Cubierta vegetal de taludes
			Superficie afectada por acequias elevadas
			Cubierta vegetal de taludes
			Existencia de berma en desmontes
			Pendiente del desmonte
	VEGETACIÓN	IMPACTO	Sistemas de canalización en desmonte
			Existencia de rastros de erosión hídrica
			Localización de depósitos de tierras vegetales
		MEDIDA	Superficies vegetadas eliminadas
			Tasa de incendio de vegetación
			Superficie afectada en alcornocal
	FAUNA	IMPACTO	Localización de pantallas vegetales entorno de pueblos
			Vegetación afectada por maquinaria
			Localización de barreras
			Superficie de hábitats y vegetación afectados por canal
			Efectividad de pasos para fauna terrestre
		MEDIDA	Evolución de poblaciones de ánade real, lavandera blanca, carricero común...
			Compartimentación entre hábitats y frecuencia de ahogamientos
			Cubierta vegetal de pasos para fauna
			Existencia de medidas antiahogamiento
			Nº y tamaño de pasos
	PAISAJE	IMPACTO	Perfil del canal y tasa de ahogamientos
			Frecuencia de visitas de revisión de mecanismos antiahogamientos
		MEDIDA	Superficie vegetal afectada por obras
Visibilidad desde núcleos urbanos			
Cubierta vegetal de taludes			
Acuifero	AGUAS SUBTERRÁNEAS	IMPACTO	Visibilidad de infraestructuras
Ríos y arroyos	AGUAS SUBTERRÁNEAS	IMPACTO	Cambios en flujo hidrológico (caudales y freático)
	AGUAS SUPERFICIALES	IMPACTO	Caudal del río tras la diversificación (mensual)
	AGUAS SUPERFICIALES	IMPACTO	Cambios en drenaje natural (deseccaciones y encharcamientos)
	FAUNA	IMPACTO	Superficie de hábitats eliminada y especies afectadas
	VEGETACIÓN	MEDIDA	Cubierta vegetal de ribera
Áreas sensibles	PAISAJE	IMPACTO	Localización de pantallas en sifones
	SUELOS	IMPACTO	Visibilidad de la obra y fragilidad del entorno
	VEGETACIÓN	IMPACTO	Existencia de rastros de erosión hídrica
		IMPACTO	Superficie afectada por encharcamiento
	PAISAJE	MEDIDA	Cubierta vegetal
			Fragilidad paisajística
			Ajuste a trazados antiguos de acequias

Tabla 4. Parámetros para el seguimiento ambiental de pozos y sondeos

LOCALIZACIÓN	FACTORES	TIPO	PARÁMETROS
Acuífero	AGUAS SUBTERRÁNEAS	IMPACTO	Concentración de metales pesados y complejos orgánicos
			Concentración de N, P, K y DQO
			Concentración de sales y nitratos
			Modelo DRASTIC (Contaminación potencial)
			Nivel piezométrico
		MEDIDA	Vulnerabilidad (Permeabilidad e intercambio iónico)
			Análisis químicos realizados
			Existencia de red de vigilancia
			Nº de pozos en activo y caudales extraídos
VIGILANCIA	Concentración de contaminantes y nivel freático		
	Concentración de nitratos y perímetros de protección establecidos		
Pozos	AGUAS SUBTERRÁNEAS	VIGILANCIA	Nº de pozos en activo y caudales extraídos
Pozos antiguos	PATRIMONIO	MEDIDA	Nivel piezométrico
			Inventario de pozos antiguos
Acuíferos cuaternarios	AGUAS SUPERFICIALES	IMPACTO	Concentración de metales pesados y complejos orgánicos
	AGUAS SUBTERRÁNEAS	IMPACTO	Concentración de metales pesados y complejos orgánicos
Acuífero bajo las Zonas regadas a baja altura	AGUAS SUBTERRÁNEAS	MEDIDA	Nivel piezométrico
Zonas 6 aluviales de alta vulnerabilidad hidrogeológica (según cartografía)	AGUAS	MEDIDA	Tipo de pesticidas por cultivo
Acuíferos (Muestreos anuales del ITGE del acuífero 3º y 15 muestreos semestrales en 3 pozos de cada sector)	AGUAS SUBTERRÁNEAS	VIGILANCIA	Esenciales: tª, CE, volumen, pH, PO ₄ , NO ₃ , NO ₂ , NH ₄ , SO ₄ , HCO ₃ , Cl, Ca, Mg, K, SiO ₂ , DQO; Deseables: residuo seco, CO ₃ , Cu, Zn, Bo, Pb, Cr, Li, Br, Fe, Ni, F y rastros de pesticida o fertilizante
Pozos cerca de granjas y edificios mensualmente en 4 puntos según cartografía	AGUAS SUBTERRÁNEAS	VIGILANCIA	Tª, CE, Profundidad de Secchi, Q, Turbidez, pH, O ₂ disuelto, P, N, Alcalinidad, Ca, Mg, Na, K, SO ₄ ²⁻ , Cl, Fe total, metales pesados, Mn, Mo, SH, Clorofila A, DBO ₅ , C orgánico
Humedales (Lagunas)	AGUAS SUPERFICIALES	IMPACTO	Superficie de lagunas
	VEGETACIÓN	IMPACTO	Superficie de orla freatófila en lagunas
	FAUNA	IMPACTO	Censos de anátidas o aves acuáticas