



Experiencias de recarga artificial y reutilización de aguas residuales depuradas en acuíferos detríticos

Bartolomé Andreo Navarro

andreo@uma.es

Centro de Hidrogeología de la Universidad de Málaga (CEHIUMA)

Taller sobre retos y oportunidades de la digitalización en la gestión del agua

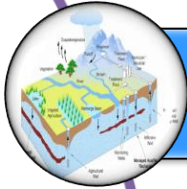
Almería 19 de Mayo de 2022



Tabla de contenidos



Objetivos



Caracterización hidrogeológica y recarga gestionada



Proyecto Guadalhorce



Proyectos Marbella

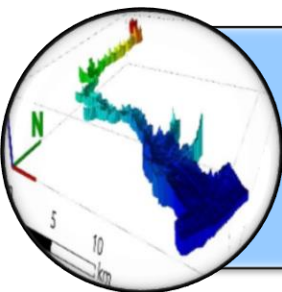


Proyecto Sevilla



Consideraciones finales

OBJETIVOS



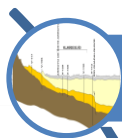
Definir las investigaciones previas necesarias para una mejor selección de las técnicas de recarga artificial y reutilización de aguas residuales depuradas



Sintetizar experiencias previas realizadas en el sur de España con la participación del Centro de Hidrogeología de la Universidad de Málaga (CEHIUMA)

La Recarga Gestionada de Acuíferos (MAR, por sus iniciales en inglés) se considera una estrategia de gestión del agua cada vez más importante para mejorar la cantidad y la calidad de las aguas subterráneas como un paso clave para lograr los Objetivos del Desarrollo Sostenible.

Caracterización hidrogeológica



Definición de límites y geometría del acuífero



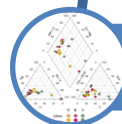
Caracterización de las propiedades hidráulicas



Cuantificación del balance hidrogeológico



Modelo conceptual y numérico hidrogeológico



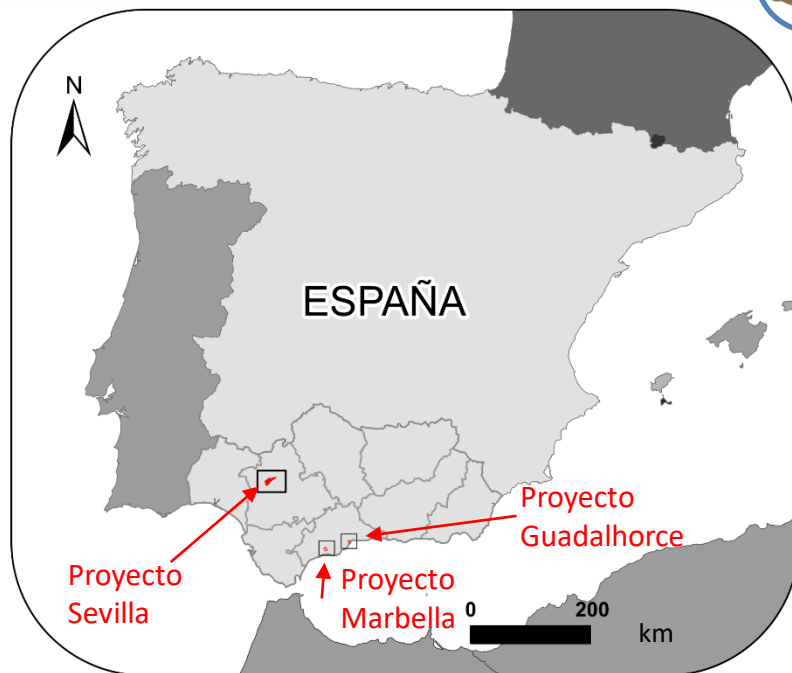
Control de la calidad de las aguas subterráneas



Disponibilidad de agua para recargar

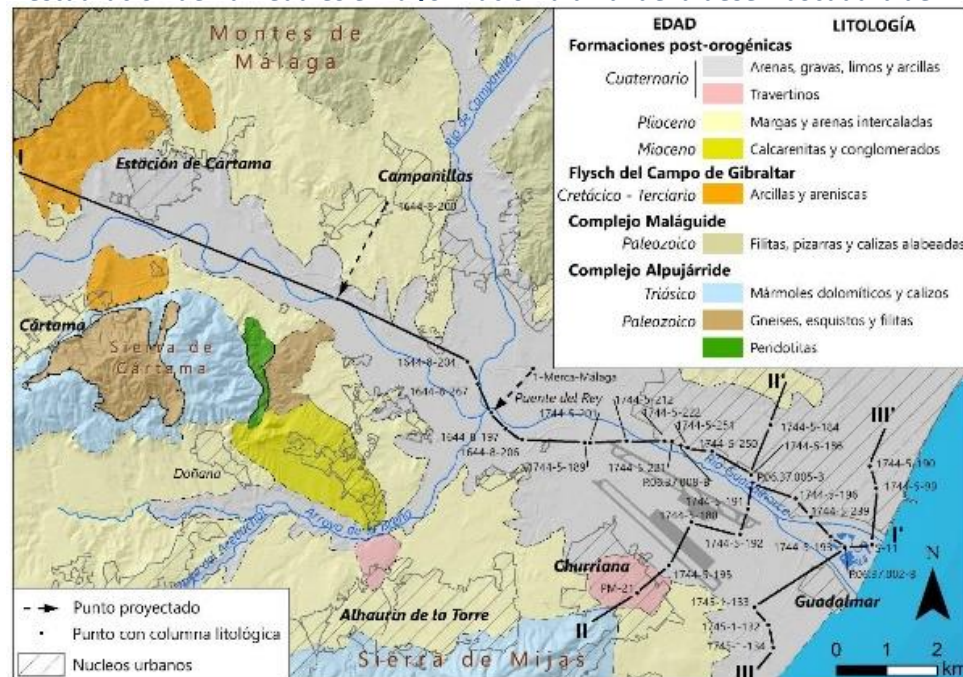


Importancia de los factores sociales y económicos



Localización de experiencias previas realizadas en el sur de España con la participación del Centro de Hidrogeología de la Universidad de Málaga (CEHIUMA)

Restauración de humedales en la formación aluvial de la desembocadura del río Guadalhorce (Málaga) mediante aguas residuales

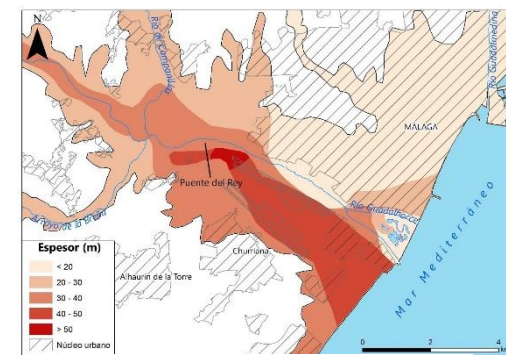


Importancia del conocimiento geológico e hidrogeológico

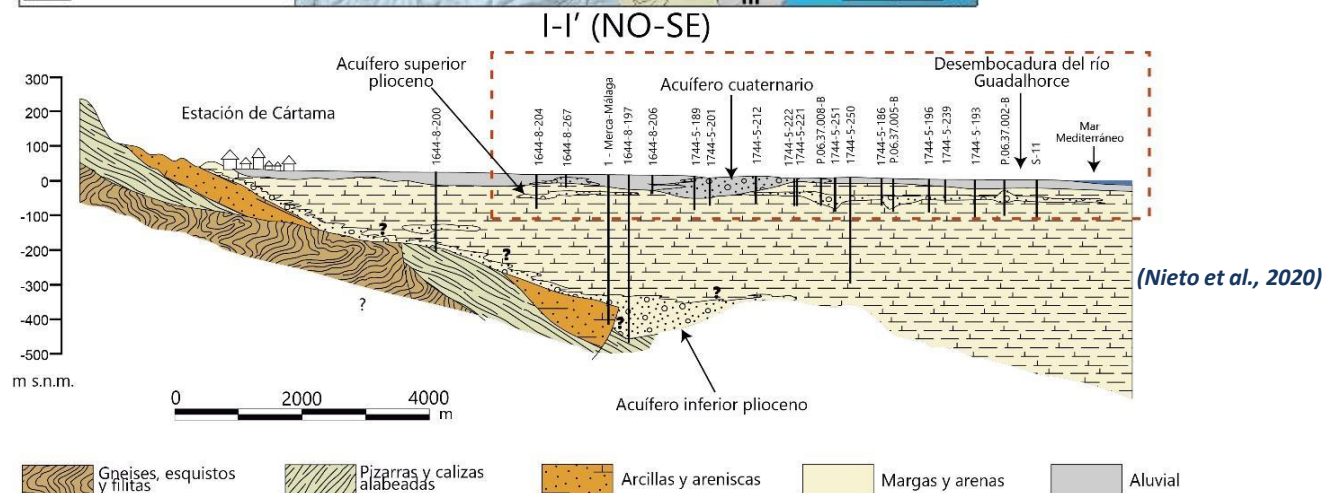
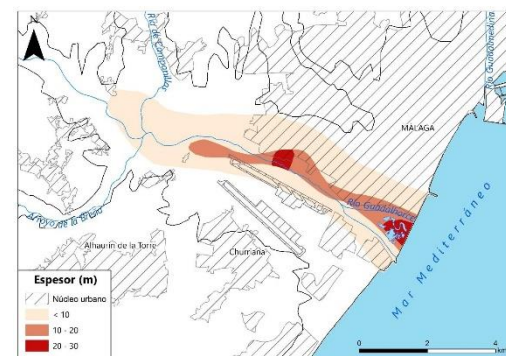


Definición de límites y geometría del acuífero

Espesor del acuífero cuaternario



Espesor del acuífero plioceno



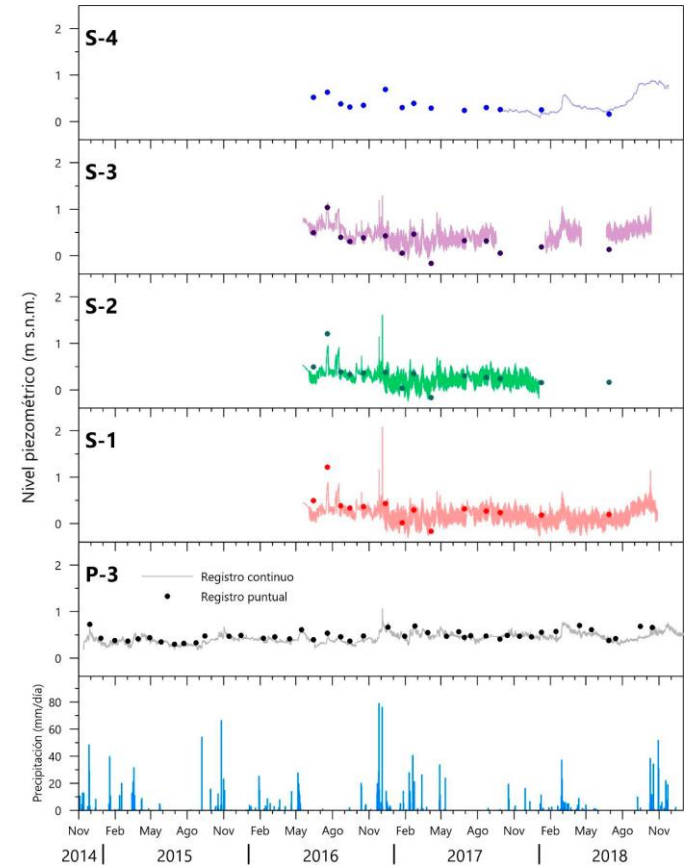
Restauración de humedales en la formación aluvial de la desembocadura del río Guadalhorce (Málaga) mediante aguas residuales

Construcción de piezómetros de control



Cuantificación del balance de las aguas subterráneas

Control del nivel piezométrico



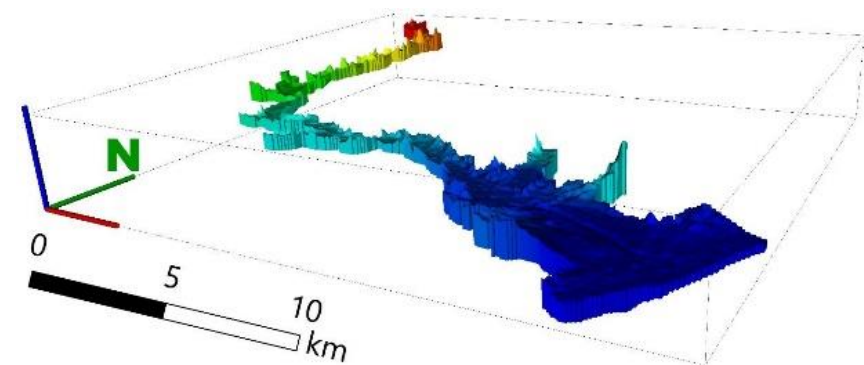
(Nieto et al., 2020)

Evaluación de las propiedades hidráulicas mediante ensayos de bombeo



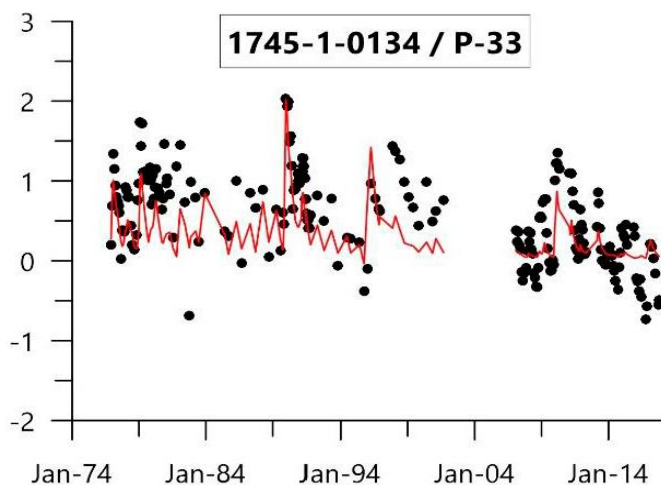
Restauración de humedales en la formación aluvial de la desembocadura del río Guadalhorce (Málaga) mediante aguas residuales

Modelo conceptual y numérico hidrogeológico

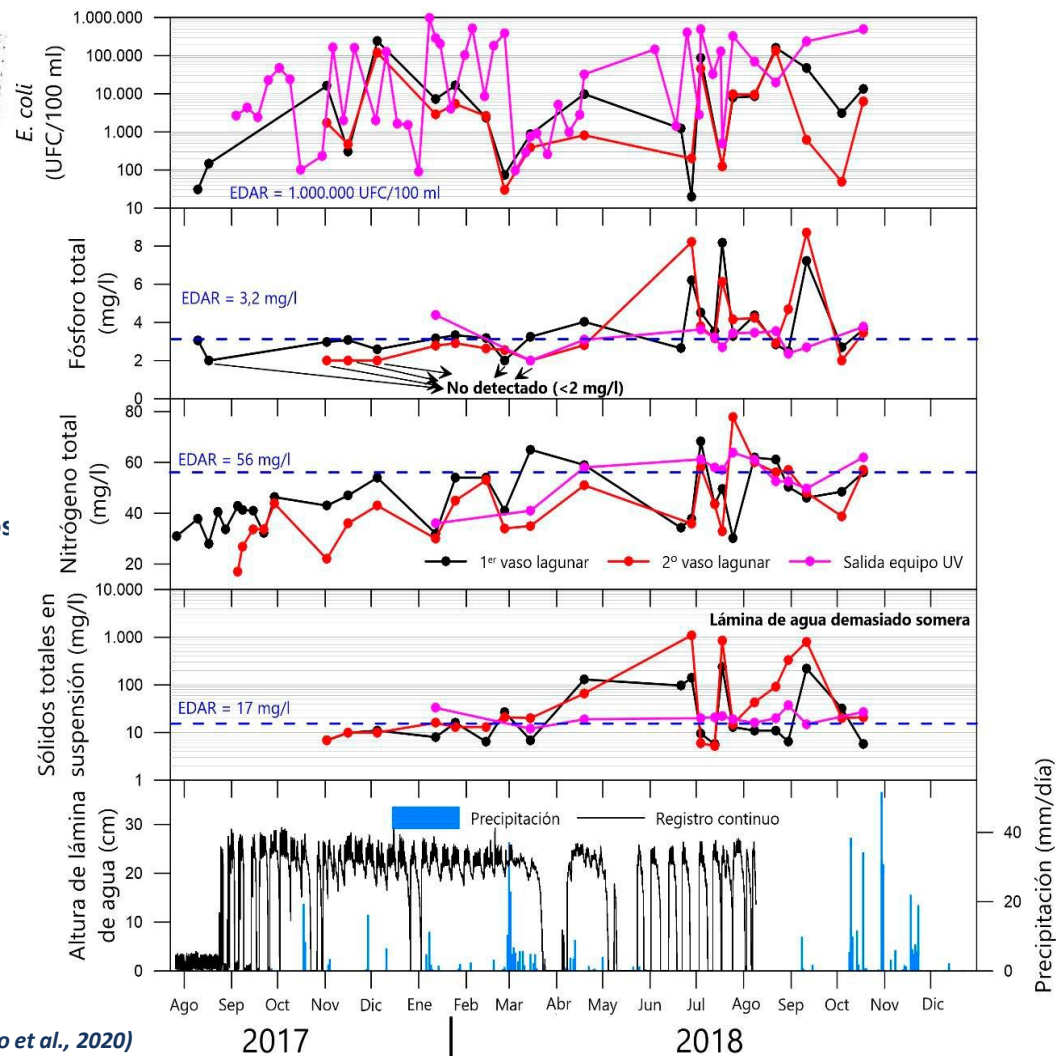


Modelo simulado de funcionamiento del acuífero (Modflow).

Niveles piezométricos simulados y observados



(Nieto et al., 2020)



Precipitación (mm/día)

Restauración de humedales en la formación aluvial de la desembocadura del río Guadalhorce (Málaga) mediante aguas residuales

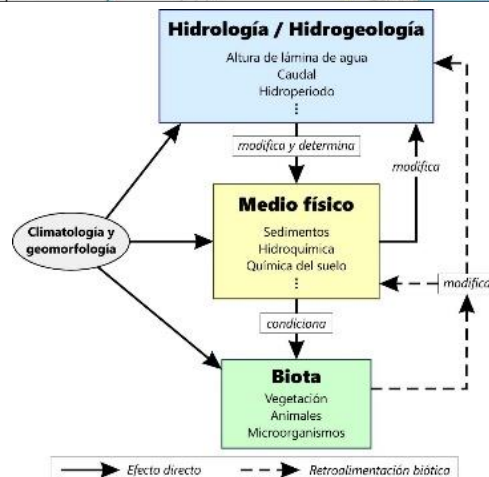
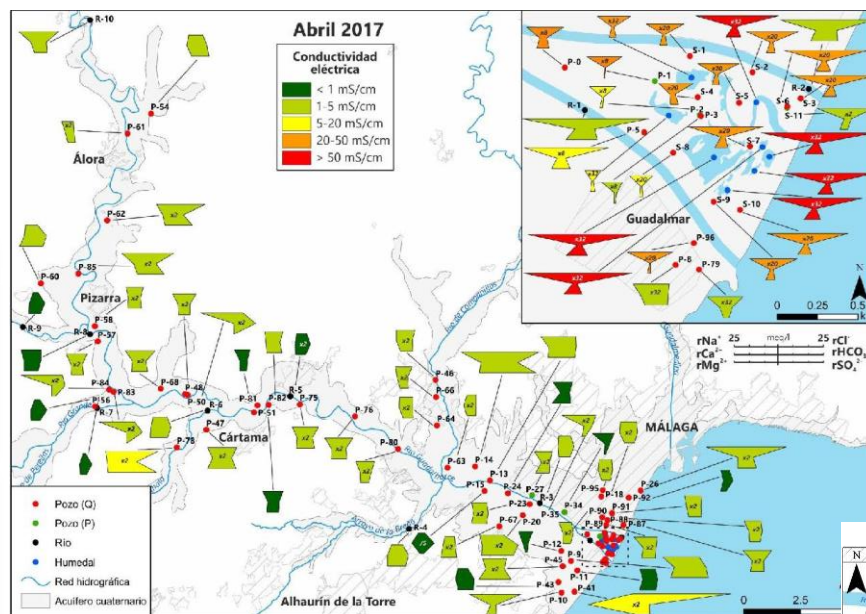
Control de la calidad de las aguas subterráneas



Fotografías del humedal artificial



Importancia de los factores sociales y económicos (Restauración de humedales)

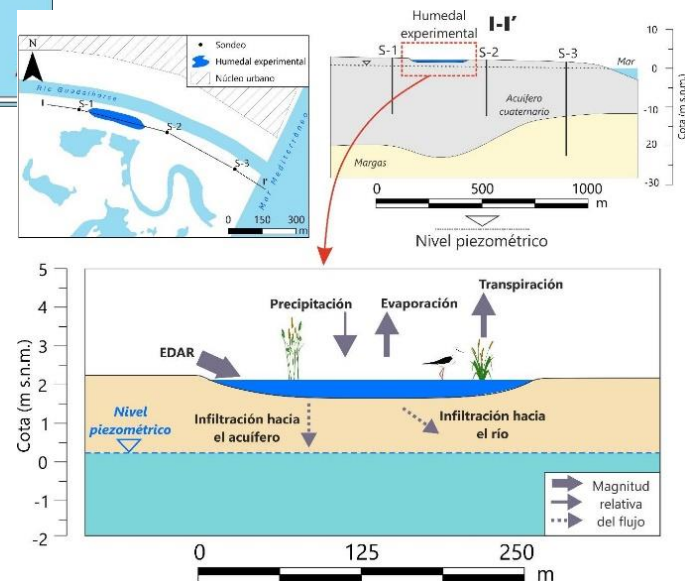


Disponibilidad de agua para la recarga (aguas reutilizadas)



EDAR desembocadura del Guadalhorce

Modelo conceptual funcionamiento de la laguna artificial



Experiencias en los acuíferos detríticos costeros sobreexplotados de Marbella-Estepona (Málaga) utilizando agua de un manantial kárstico

(Lupiani, 2007)

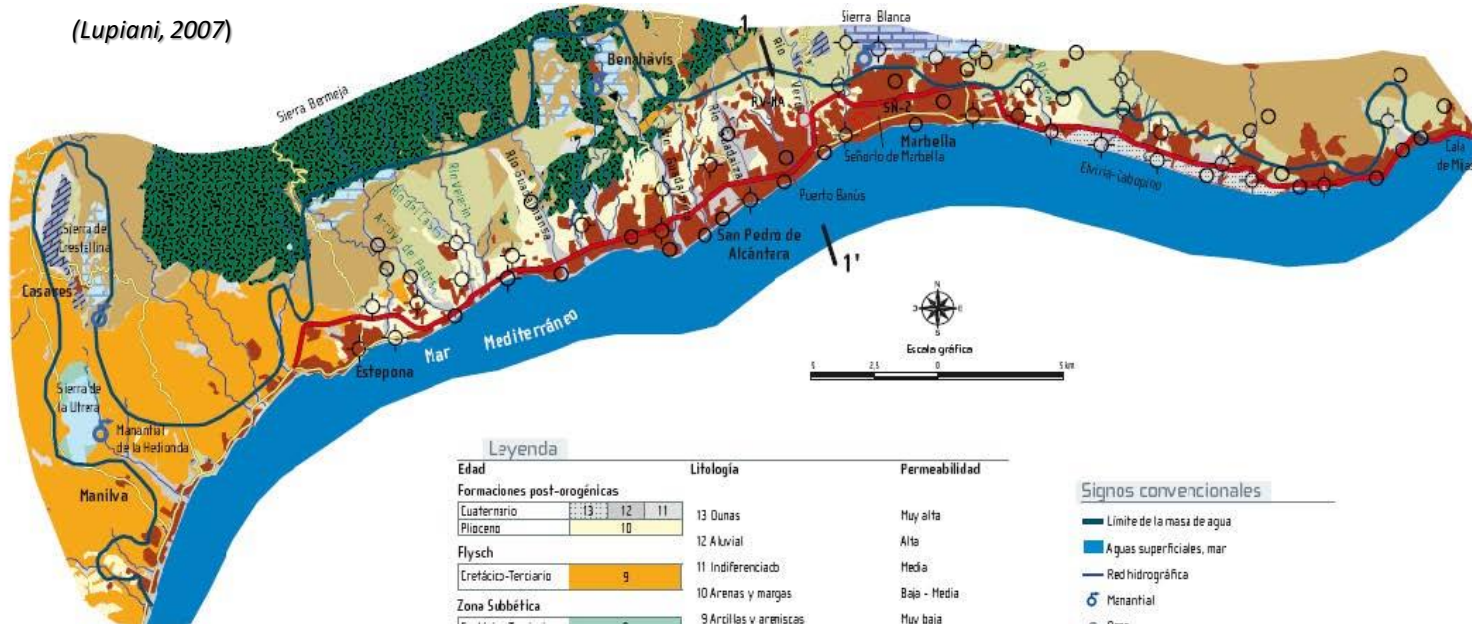
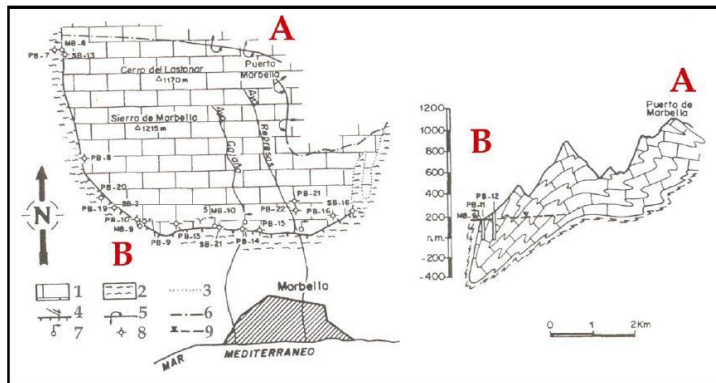


Imagen de Sierra Blanca (Tomada del repositorio del ayuntamiento de Marbella)



Leyenda		
Edad	Litología	Permeabilidad
Formaciones post-orogénicas		
Cuaternario	13 Dunas	Muy alta
Plioceno	12 Aluvial	Alta
Flysch		
Cretácico-Terciario	11 Indiferenciado	Medio
	10 Arenas y margas	Bajo - Medio
Zona Subbética		
Cretácico-Terciario	9 Arcillas y areniscas	Muy baja
Jurásico	8 Margocalizas y margas	Baja
Complejo Maláguide		
Triásico	7 Calizas y dolomías	Alta - Muy alta
Paleozoico	6 Dolomías	Alta
Complejo Alpujárride		
Triásico Superior	5 Conglomerados, areniscas y arcillas	Baja
Triásico Medio	4 Mármol calizo con calcosquistos	Alta
Triásico Inferior	3 Mármol dolomítico	Alta
Paleozoico	2 Gneises, esquistos y filitas	Baja
	1 Peridotitas	Baja

Signos convencionales

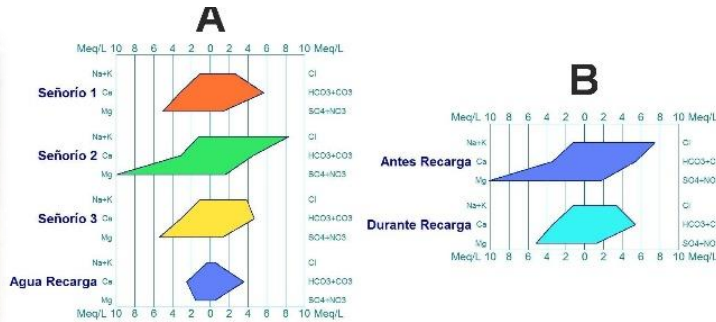
- Limite de la masa de agua
- Aguas superficiales, mar
- Red hidrográfica
- Manantial
- Pozo
- Sondeo, piezómetro
- Sondeo con evolución piezométrica adjunta
- Núcleo de población
- Autovía
- Carretera

El acuífero de Marbella (Andreo, 1997).
Leyenda; 1, mármoles; 2, gneises y pizarras;
3, contacto concordante; 4, falla normal; 5,
anticlinal tumbado; 6, divisoria
hidrogeológica; 7, manantial; 8, sondeo y 9,
nivel piezométrico

Importancia del conocimiento geológico e hidrogeológico de la zona

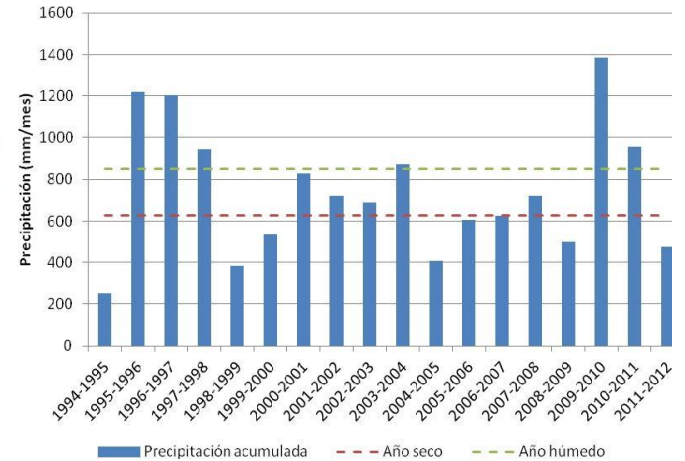
Experiencias en los acuíferos detríticos costeros sobreexplotados de Marbella-Estepona (Málaga) utilizando agua de un manantial kárstico

Control de la calidad de las aguas subterráneas

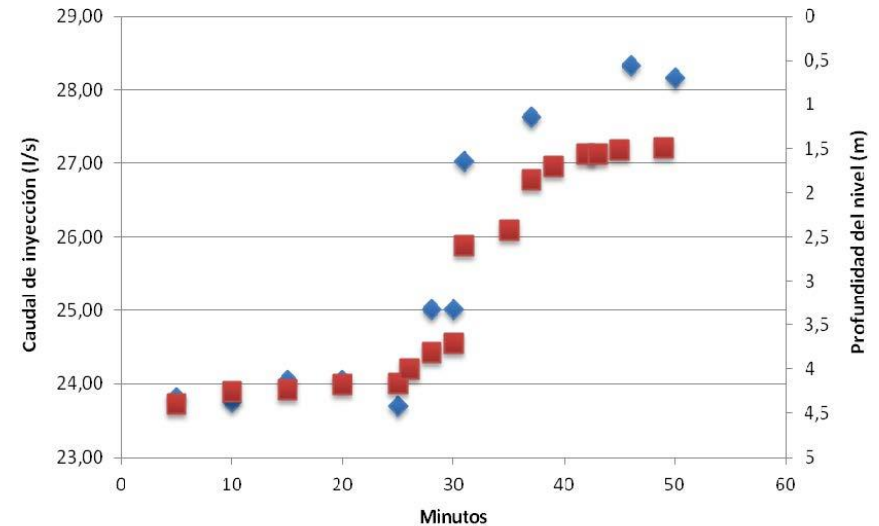
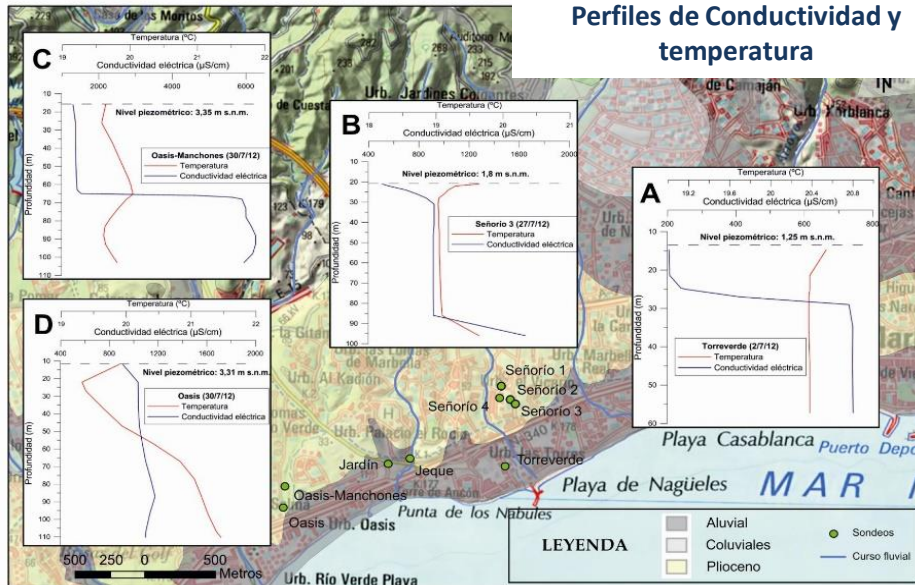


Datos hidroquímicos del agua inyectada en los sondeos (Ropero, 2012)

Cuantificación del balance de las aguas subterráneas

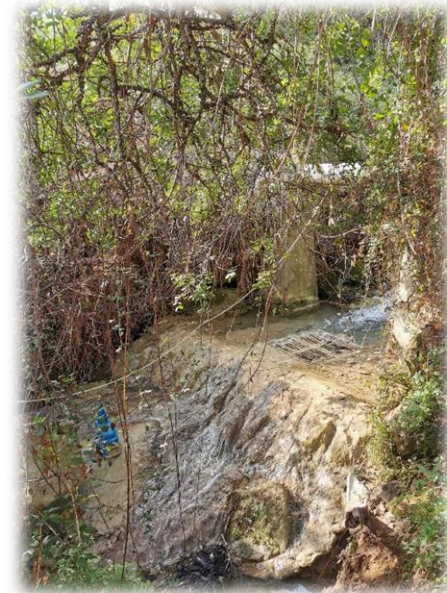
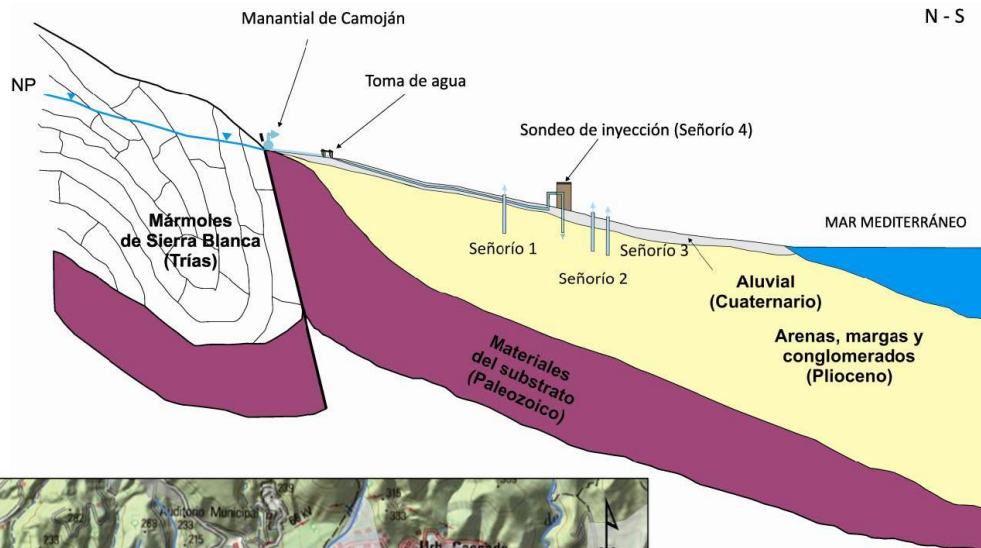


Perfiles de Conductividad y temperatura

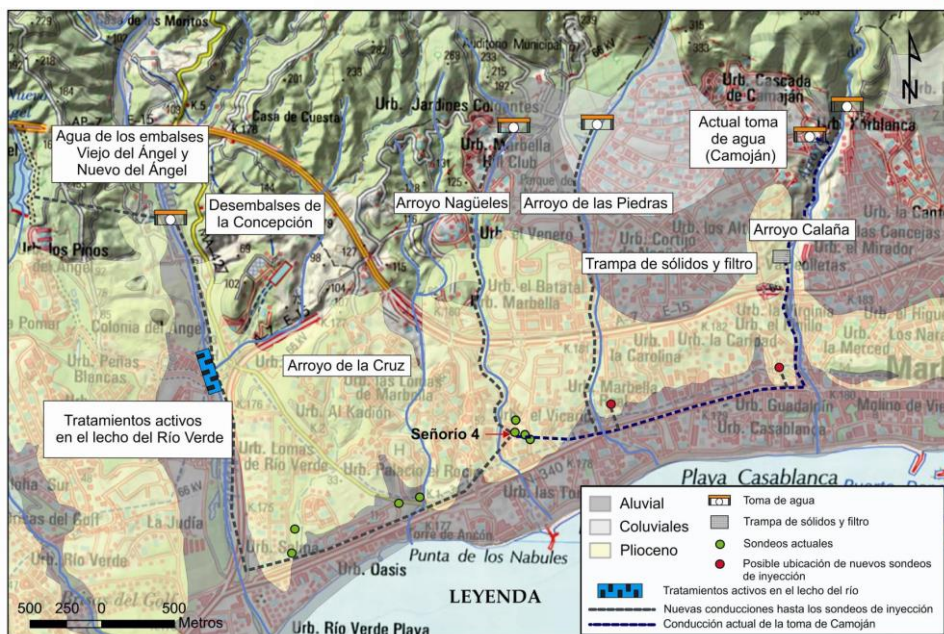


Evolución del nivel piezométrico y del caudal de inyección en uno de los sondeos de inyección (datos cedidos por Aquagest)

Experiencias en los acuíferos detríticos costeros sobreexplotados de Marbella-Estepona (Málaga) utilizando agua de un manantial kárstico



Toma de agua y trampa de sólidos



Propuestas de mejora del sistema de recarga artificial para aprovechar algunos arroyos cercanos



Sondeo nº 4 en el acuífero del Señorío

Experiencias en los acuíferos detríticos costeros sobreexplotados de Marbella (Málaga) utilizando aguas residuales depuradas mediante pozos y balsas de infiltración

Definición de la geometría y los límites del acuífero (caracterización geológica inicial)



- Litología**
- EDAR
 - Arroyo
 - Carretera
 - Curvas de nivel
 - Área de estudio
 - Edificios
 - Arenas, arcillas, limos y gravas
 - Calizas y gravas (localmente filitas)
 - Filitas, metapelita y metabasite
 - Micasquistu, filita y arenisca

Evaluación de las propiedades hidráulicas (construcción de piezómetros y ensayos de bombeo)

Control de la calidad de las aguas subterráneas y del nivel piezométrico

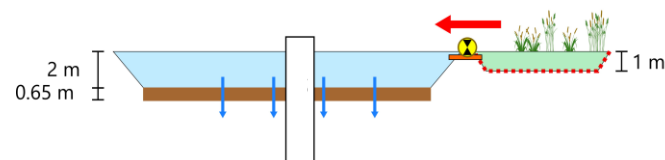
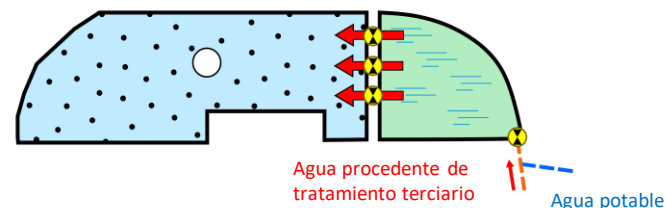


Disponibilidad de agua para recargar (aguas residuales)



Sistema de Recarga Gestionada MATRIX

0 12.5 25 m



- Humedal artificial
- Balsa de recarga
- Punto de control
- Válvula
- Flujo de agua
- Lecho reactivo
- Capa impermeable

Consideraciones finales

- Las experiencias demuestran la viabilidad de las aplicaciones del MAR en zonas con estrés hídrico como el sur de España, pero también su transferibilidad a zonas climáticamente similares para garantizar la disponibilidad de agua, mejorando la gestión sostenible del agua y la restauración ambiental en línea con los ODS del horizonte 2030.
- También es necesario destacar la importancia de combinar una correcta selección del emplazamiento, un riguroso conocimiento de los antecedentes hidrogeológicos, una buena selección de la fuente de agua para la recarga y un mejor diseño de las instalaciones de recarga gestionada.

Gracias por la atención