

**ENCOMIENDA DE GESTIÓN PARA DESARROLLAR
DIVERSOS TRABAJOS RELACIONADOS CON EL
INVENTARIO DE RECURSOS HÍDRICOS SUBTERRÁNEOS Y
CON LA CARACTERIZACIÓN DE ACUÍFEROS
COMPARTIDOS ENTRE DEMARCACIONES
HIDROGRÁFICAS**



**FICHAS DE DATOS DE LOS RECINTOS HIDROGEOLÓGICOS
DE LA DEMARCACIÓN HIDROGRÁFICA DEL TINTO, ODIEL
Y PIEDRAS PARA SU IMPLEMENTACIÓN EN EL MODELO
SIMPA**

Septiembre 2019

**FICHAS DE DATOS DE LOS RECINTOS
HIDROGEOLÓGICOS DE LA DEMARCACIÓN
HIDROGRÁFICA DEL TINTO, ODIEL Y PIEDRAS PARA
SU IMPLEMENTACIÓN EN EL MODELO SIMPA**

ÍNDICE

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN
2. ANTECEDENTES
3. ÁMBITO DEL ESTUDIO
4. DATOS SOLICITADOS POR EL CENTRO DE ESTUDIOS HIDROGRÁFICOS (CEDEX) AL INSTITUTO GEOLÓGICO Y MINERO DE ESPAÑA (IGME) PARA SU IMPLEMENTACIÓN EN EL MODELO SIMPA

Anexo 1. Fichas de datos de recintos hidrogeológicos

Anexo 2. Mapa de piezómetros representativos

Anexo 3. Mapa de hidrogramas representativos

Anexo 4. Mapa de manantiales

Anexo 5. Mapa de relación río-acuífero

Anexo 6. Mapa de humedales

Anexo 7 Mapa de transferencias laterales entre recintos hidrogeológicos

AUTORÍA

El presente documento ha sido elaborado por el **INSTITUTO GEOLÓGICO Y MINERO DE ESPAÑA** por encargo de la **DIRECCIÓN GENERAL DEL AGUA**. La realización de los trabajos ha sido efectuada por:

DIRECCIÓN TÉCNICA Y ADMINISTRATIVA

José Manuel Murillo Díaz

COORDINACIÓN

José María Ruiz Hernández

SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA

Fernando Ruiz Bermudo

Leticia Vega Martín

BASE DE DATOS

José Román Hernández Manchado

EDICIÓN CARTOGRÁFICA

Leticia Vega Martín

CAPÍTULOS 1-4

José Manuel Murillo Díaz

DEMARCACIÓN HIDROGRÁFICA DEL TINTO, ODIEL Y PIEDRAS

FICHAS DE DATOS DE RECINTOS HIDROGEOLÓGICOS:

Fernando Ruiz Bermudo

1. INTRODUCCIÓN

1. INTRODUCCIÓN

El presente documento forma parte del acuerdo para la Encomienda de Gestión que la Dirección General del Agua (DGA) del Ministerio de Agricultura y Pesca, Alimentación y Medio Ambiente ha encargado al Instituto Geológico y Minero de España (IGME) del Ministerio de Economía, Industria y Competitividad para desarrollar diversos trabajos relacionados con el inventario de recursos hídricos subterráneos y con la caracterización de acuíferos compartidos entre Demarcaciones Hidrográficas. Dicha encomienda se firmó en noviembre de 2017 y tiene un plazo de ejecución de 24 meses. A la emisión del presente documento la Dirección General del Agua (DGA) se encuentra adscrita en el Ministerio para la Transición Ecológica y el Instituto Geológico y Minero de España (IGME) en el Ministerio de Ciencia, Innovación y Universidades.

Los diferentes trabajos a realizar por el IGME, que son objeto de dicha Encomienda, se enumeran a continuación:

- 1) Actualización y mejora del tratamiento dado a la componente subterránea del ciclo del agua en el inventario de recursos hídricos a escala nacional.

La evaluación de los recursos hídricos en régimen natural a escala nacional viene siendo realizada en España por el Centro de Estudios Hidrográficos (CEH) del Centro de Estudios y Experimentación de Obras Públicas (CEDEX), que desarrolló para ello el modelo SIMPA (Sistema Integrado de Modelización Precipitación-Aportación). Este modelo reproduce los procesos esenciales de transporte de agua que tienen lugar en las diferentes fases del ciclo hidrológico. Es un modelo hidrológico conceptual y cuasi-distribuido que permite obtener caudales medios mensuales en régimen natural en puntos de la red hidrográfica de una cuenca. El modelo SIMPA ha sido de uso prácticamente generalizado en los dos primeros ciclos de planificación en la gran mayoría de las demarcaciones hidrográficas españolas. Las mayores incertidumbres y discrepancias que se han encontrado, respecto de evaluaciones locales de mayor detalle realizadas con otros códigos informáticos, corresponden a la estimación y cálculo de la componente subterránea del ciclo hídrico, por lo que desde la DGA se estimó necesario desarrollar una nueva versión del código SIMPA que solventará y resolviera las imprecisiones detectadas, y mejorara las prestaciones proporcionadas por las versiones utilizadas en los dos primeros ciclos de planificación. Este trabajo de actualización y reajuste se lo ha encargado la DGA al CEH del CEDEX.

El trabajo que tiene que realizar el IGME dentro de la presente actividad se circunscribe a analizar dicho código en lo que respecta a los algoritmos que han de proporcionar la estimación de la componente subterránea del ciclo hídrico y a prestar su asesoramiento en la etapa de calibración del modelo y análisis de resultados a que dé lugar. También contempla determinar los recintos espaciales necesarios para su implementación en el modelo. Estos se definirán de tal forma que permitan obtener resultados que expliquen y cuantifiquen adecuadamente el comportamiento del flujo subterráneo tanto en lo que respecta a su recarga como a sus descargas. La magnitud superficial de estos recintos hidrogeológicos debe tener como máximo la misma dimensión que tienen las masas de agua subterránea, aunque es factible dividir dichas masas, cuando así sea necesario para

explicar y cuantificar el comportamiento de la componente subterránea del ciclo hídrico, en varios recintos. Dado que en el segundo ciclo de planificación se definieron 761 masas de agua subterránea en España, se estima que el número de recintos a establecer inicialmente puede ser del orden del millar.

Como última actuación a considerar, dentro de la presente actividad, se contempla la captura y aporte de información hidrogeológica al objeto de caracterizar, con la mayor precisión posible, cada uno de los recintos, identificados en la etapa anterior, para así proceder a una adecuada modelación de los mismos mediante la utilización del código SIMPA. Los datos que aportará el IGME serán bibliográficos o formaran parte de los estudios históricos realizados hasta la fecha por los diversos Organismos que desarrollan su trabajo en el campo de la hidrogeología, ya que el proyecto no contempla la toma, tratamiento y adquisición de otros nuevos durante su etapa de ejecución.

2) Definición y caracterización de masas de agua subterránea compartidas entre Demarcaciones Hidrográficas.

Una de las medidas que es necesario establecer para lograr una adecuada coordinación de los Planes Hidrológicos de cuenca es la identificación y caracterización de las masas de agua subterránea compartidas entre ámbitos territoriales de dos o más planes, así como la asignación de los recursos hídricos de cada masa de agua subterránea compartida entre las cuencas afectadas. El trabajo del IGME dentro de esta actividad consistirá fundamentalmente en identificar, definir y caracterizar hidrogeológicamente dichas masas de agua subterránea, así como en determinar los recursos hídricos que drenan cada una de las masas de agua subterránea a los ríos, lagos y humedales de los diferentes ámbitos de planificación entre los que se extienden las mismas, de manera que, una vez determinado el valor de estas descargas, se pueda proceder a incluir, de forma coherente y justificada, su cuantía y distribución temporal y espacial en los diferentes planes hidrológicos que se puedan ver afectados.

3) Participación, como apoyo a la Dirección General del Agua, en los trabajos y reuniones a desarrollar por el Grupo Europeo de Aguas Subterráneas de la Estrategia Común de Implementación de la Directiva Marco del Agua (CIS).

El objeto de esta actividad es la participación del IGME, junto a funcionarios de la Dirección General del Agua (DGA), en las reuniones del Grupo de Trabajo Europeo de Aguas Subterráneas, así como la elaboración de los documentos de trabajo que se requieran para dichas reuniones.

Como se ha comentado anteriormente el contenido del presente documento solo hace referencia a las fichas de datos de los recintos hidrogeológicos de cada una de las Demarcaciones Hidrográficas para su implementación en el código SIMPA.

2. ANTECEDENTES

2. ANTECEDENTES

España es un país con un nivel medio-alto en lo que respecta al conocimiento hidrogeológico de su territorio. Numerosos son los trabajos realizados en este ámbito por la Dirección General del Agua, Demarcaciones Hidrográficas, Universidades y Organismos de Investigación tanto públicos como privados, entre los que destaca el Instituto Geológico y Minero de España, así como el desaparecido Servicio Geológico de Obras Públicas.

Entre los hitos más relevantes acaecidos fundamentalmente durante el pasado siglo es menester destacar los siguientes:

- 1) Proyecto hidrogeológico de la Cuenca del Guadalquivir (Proyecto FAO-IGME).
- 2) Proyecto hidrogeológico del sistema Cazorla-Hellín-Yecla.
- 3) El Plan Nacional de Investigación de Aguas Subterráneas (PIAS).
- 4) El Plan de Gestión y Conservación de Acuíferos (PGCA).
- 5) EL Plan de Abastecimiento a Núcleos Urbanos (PANU).
- 6) El Proyecto de los Recursos hídricos totales del Pirineo Oriental (REPO).
- 7) Estudio de los Recursos Hídricos Totales de las islas Baleares.
- 8) Estudio científico de los recursos de agua en las islas Canarias.
- 9) El Proyecto Hidrogeológico de Navarra.

En relación a los anteriores trabajos cabe indicar que una ingente cantidad de datos aportados en las fichas que se compendian en el presente documento proceden de los trabajos relacionados anteriormente, aun cuando la mayor parte de ellos fueron realizados hace casi 40 años. Este hecho pone de manifiesto la urgente necesidad de abordar un Plan que actualice el conocimiento hidrogeológico de las diferentes demarcaciones hidrográficas que forman parte de España, como se detecta al analizar en detalle las diferentes fichas y planos resultantes de los trabajos acometidos en la presente Encomienda.

Las fichas de datos de recintos hidrogeológicos que se aportan en el presente documento tienen única y exclusivamente el objeto de alimentar el modelo SIMPA en relación a la finalidad de mejorar el conocimiento que se tiene sobre la recarga natural a los acuíferos y a las descargas de las aguas subterráneas a la red hidrográfica principal del CEDEX.

3. ÁMBITO DEL ESTUDIO

3. ÁMBITO DEL ESTUDIO

El ámbito del presente trabajo se extiende a todo el territorio de España tanto peninsular como insular incluyendo las ciudades autónomas de Ceuta y Melilla. Los resultados que se presentan se han agrupado de acuerdo a la siguiente división por demarcaciones hidrográficas: Galicia Costa; Miño-Sil; Cantábrico Occidental; Cantábrico Oriental; Duero; Tajo; Guadiana; Tinto, Odiel y Piedras; Guadalquivir; Guadalete y Barbate; Cuencas Mediterráneas Andaluzas; Ceuta y Melilla; Segura; Júcar; Ebro; Cuencas Fluviales de Cataluña; Islas Baleares y demarcaciones de las islas Canarias.

Dada la extensión del trabajo ha sido necesario proceder a la encuadernación de cada Demarcación Hidrográfica en tomos independientes. El presente tomo incluye la documentación relativa a la Demarcación Hidrográfica del Tinto, Odiel y Piedras (Figura 3-1).



Figura 3-1. Mapa de situación de la Demarcación Hidrográfica del Tinto, Odiel y Piedras

**4. DATOS SOLICITADOS POR EL CENTRO DE ESTUDIOS
HIDROGRÁFICOS (CEDEX) AL INSTITUTO GEOLÓGICO Y
MINERO DE ESPAÑA (IGME) PARA SU IMPLEMENTACIÓN
EN EL MODELO SIMPA**

4. DATOS SOLICITADOS POR EL CENTRO DE ESTUDIOS HIDROGRÁFICOS (CEDEX) AL INSTITUTO GEOLÓGICO Y MINERO DE ESPAÑA (IGME) PARA SU IMPLEMENTACIÓN EN EL MODELO SIMPA

El CEDEX ha solicitado del IGME cuatro tipos de datos: mapas, series temporales, relaciones entre recintos e información agregada en cada recinto hidrogeológico.

1) Mapas. Son de dos tipos:

A) Mapas básicos para la ejecución del modelo:

- Litoestratigráfico 1:200.000
- Hidrogeológico 1:200.000
- Karst 1:1.000.000

B) Mapas de aguas subterráneas

- Capa vectorial con la delimitación de los recintos y sus códigos biunívocos.
- Capa vectorial de manantiales y sus códigos biunívocos.
- Capa vectorial de sumideros y sus códigos biunívocos.
- Capa vectorial de relación río-recinto hidrogeológico: tramos de ríos y sus códigos biunívocos (distinguiendo entre ganadores, perdedores y mixtos). Cuando sea posible se indicará si el régimen es natural o influenciado.
- Capa de zonas de conexión entre recintos o el mar con indicación de los recintos relacionados entre sí o con el mar y referencia del sentido del flujo en régimen natural.
- Capa vectorial con los puntos de la red piezométrica e hidrométrica.
- El mapa litoestratigráfico y el hidrogeológico se adjuntan en el documento titulado "Identificación y delimitación de los recintos hidrogeológicos de la Demarcación Hidrográfica del Tinto, Odiel y Piedras". El resto de mapas se adjuntan como Anexos al presente documento. Se ha realizado un único mapa de manantiales y sumideros dado el gran desconocimiento que se tiene de estos últimos. El mapa del Karst 1:1.000.000 no se recoge en este documento pues se le ha entregado al CEDEX directamente una versión electrónica.

2) Series temporales de datos para la calibración del modelo:

- Series de caudales de descarga de manantiales.
- Series de niveles piezométricos.
- Estimación de volúmenes de infiltración en sumideros.

- 3) Las relaciones entre recintos y la información agregada que ha solicitado el CEDEX al IGME se explicita en las tablas 4.1, 4.2 y 4.3.

Tabla 4.1. Información sobre características de cada recinto.

Símbolo	Dato	Unidad	Fuente	Observaciones
Código	Código del recinto		IGME	
Tipo	H1, H2, H3		IGME	
Ztecho	Cota media del techo del recinto (tanto libre como confinado)	m	IGME	Ac. Libre: distribuido según MDT 500
Zmuro	Cota del muro del recinto	m	IGME	
S	Coeficiente de almacenamiento del recinto libre o del recinto profundo en régimen libre		IGME	
S'	Coeficiente de almacenamiento del recinto confinado		IGME	
NP₀	Nivel piezométrico en el recinto en el instante inicial. Sería un nivel medio estimado en régimen natural.	m	IGME	Condición inicial
Zumb	Cota umbral de conexión del recinto con el río o manantial	m	IGME	Mapa manantiales Mapa ríos conectados MDT 25
α	Coeficiente de agotamiento	1/mes	IGME	
T	Transmisividad del recinto	m ² /mes	IGME	= f (K, NP)
K	Permeabilidad del recinto	m/mes	IGME	
A	Área del recinto	km ²	IGME	MDT 500
Lkmar	Distancia del centro del recinto k al mar	m	IGME	
lkmar	Longitud de contacto entre el recinto k y el mar	m	IGME	
	Nombre del recinto		IGME	
bombeos	Pérdida de agua media en el recinto por bombeos	mm/mes	CCHH	
difusa	Entrada de agua media en el recinto por recarga difusa	mm/mes	CCHH	
	Sentido de flujo subterráneo	0º a 360º	IGME	
	Gradiente medio del NP	m/m	IGME	
	Espesor medio del recinto	m	IGME	

Tabla 4.2. Información sobre relaciones laterales entre recintos.

Símbolo	Dato / Valores	Unidad	Fuente	Procedencia
Código	Código del recinto k		IGME	
CódigoARL	Código del recinto relacionado l		IGME	
CódigoRelLat	Código de relación entre los recintos k y l		IGME	
Lkl	Longitud de contacto entre los recintos k y l	m	IGME	MDT 500

Símbolo	Dato / Valores	Unidad	Fuente	Procedencia
Ikl	Distancia del centro del recinto k al borde de contacto con el recinto l	m	IGME	MDT 500
Ilk	Distancia del centro del recinto k al borde de contacto con el recinto l	m	IGME	MDT 500
Ztechokl	Cota media del techo del recinto k en su contacto con el recinto l	m	IGME	MDT 500
Tkl	Transmisividad equivalente entre el recinto k y l	m ² /mes	IGME	

Tabla 4.3. Información sobre relaciones verticales entre recintos

Símbolo	Dato / Valores	Unidad	Fuente
Código	Código del recinto k		IGME
CódigoARV	Código del recinto relacionado p		IGME
CódigoRelacVert	Código de relación entre los recintos k y p		
Relación ARV	El recinto p con Código ARV es Superior o Inferior respecto al k		IGME
Akp	Área de paso entre el recinto superficial k y el recinto profundo p	km ²	IGME
Kvkp	Permeabilidad vertical de capa semipermeable entre recinto k y p	m/mes	IGME
ekp	Espesor de la capa semipermeable existente entre el recinto k y p	m	IGME

Para la presentación al CEDEX, DGA y Confederaciones Hidrográficas de los datos que se solicitan en las tablas 4.1, 4.2 y 4.3, el IGME ha elaborado una serie de fichas con el contenido que se muestra en las tablas 4.4, 4.5 y 4.6. Si se analiza el contenido de estas últimas tablas se puede observar que no proporcionan todos los valores e información requerida en las tablas iniciales. Ello se debe a que en dichas tablas se solicita información redundante o bien fácilmente programables y calculables mediante la inserción de operadores y sentencias de procedimiento en el código SIMPA. Como por ejemplo se puede citar el cálculo de la transmisividad equivalente.

Previamente a la descripción de la información a la que se hace referencia en las tablas 4.4, 4.5 y 4.6 es menester recordar que el modelo SIMPA simula la componente subterránea del ciclo hidrológico mediante un modelo unicelular, sobre el que se han realizado algunas modificaciones que permiten contemplar trasferencias laterales y verticales de agua entre recintos hidrogeológicos, así como ciertos aspectos de la relación río-acuífero.

Aunque los modelos unicelulares consideran el territorio como una única unidad de cálculo, SIMPA permite un tratamiento distribuido de la recarga a los recintos hidrogeológicos obteniendo un valor individual para cada una de las celdas en las que se han mallado los recintos. Una vez realizado este paso engloba todos los valores individuales de la recarga correspondientes a un mismo paso de tiempo en un único valor de esta variable, que es el que introduce en el módulo de cálculo del agua subterránea.

SIMPA, incluida la recarga a los recintos, utiliza valores medios de los parámetros y variables hidrogeológicas que intervienen en el proceso de entrada y transferencia de agua que tienen lugar en los mismos, por lo que los resultados de salida también corresponden a valores medios de las variaciones piezométricas e intercambios de flujo de agua con el sistema superficial.

Los modelos unicelulares tienen la ventaja de ser muy sencillos y la desventaja de simplificar excesivamente el sistema hídrico que se quiere simular. Una de las mayores indefiniciones que presentan es no tener en cuenta la distancia de los pozos al río o a los manantiales, por lo que los resultados que proporcionan son aproximados, aunque muchas veces resultan ser suficientemente precisos para el objetivo que se analiza.

La mayor crítica que se le puede imputar a un modelo unicelular es que no tiene en cuenta la distribución espacial de las acciones externas que tienen lugar sobre el acuífero. Este hecho puede dar lugar a que el modelo unicelular proporcione resultados que pueden estar alejados de la realidad. No obstante, en numerosos casos constituye una aproximación suficiente o un primer paso que permite analizar la necesidad de plantear la realización de modelos de mayor complejidad como son los modelos de flujo de parámetros distribuidos.

Tabla 4.4 Información sobre características hidrogeológicas, geométricas, hidrodinámicas y piezométricas contenida en las fichas de datos elaboradas por el IGME para implementar el modelo SIMPA.

Símbolo	Datos, parámetros y variables	Unidad
	Nombre del recinto	
	Código del recinto	
	Tipología del recinto: H1, H2, H3	
	Mapa de situación y mapa hidrogeológico	
	Esquema topológico	
A	Área del recinto	km ²
T	Transmisividad del recinto	m ² /día
K	Permeabilidad del recinto	m/día
S	Coficiente de almacenamiento libre	adimensional
S'	Coficiente de almacenamiento confinado	adimensional
α	Coficiente de agotamiento	días ⁻¹
ζ	Tiempo de semivaciado	días
NP ₀	Nivel piezométrico en el instante inicial.	m s.n.m.
	Gradiente hidráulico medio	adimensional
Ztecho	Cota media del techo del recinto	m s.n.m.
Zmuro	Cota media del muro del recinto	m s.n.m.
Zumb	Cota umbral de conexión del recinto con el eje de drenaje principal	m s.n.m.

Tabla 4.5. Información sobre relaciones laterales entre recintos y de estos con el mar.

Símbolo	Datos, parámetros y variables	Unidad
Código	Código del recinto k	
CódigoARL	Código del recinto relacionado l	
CódigoRelLat	Código de relación entre los recintos k y l	
Lkl	Longitud de contacto entre los recintos k y l	m
Ikl	Distancia del centro del recinto k al borde de contacto con el recinto l	m
Ilk	Distancia del centro del recinto k al borde de contacto con el recinto l	m
Lkmar	Distancia del centro del recinto k al mar	m
Ikmar	Longitud de contacto entre el recinto k y el mar	m

Tabla 4.6. Información sobre relaciones verticales entre recintos

Símbolo	Dato / Valores	Unidad
Código	Datos, parámetros y variables	
CódigoARV	Código del recinto relacionado p	
CódigoRelacVert	Código de relación entre los recintos k y p	
RelaciónARV	El recinto p con CódigoARV es Superior o Inferior respecto al k	
Akp	Área de paso entre el recinto superficial k y el recinto profundo p	km ²
Kvkp	Permeabilidad vertical de capa semipermeable entre recinto k y p	m/mes
ekp	Espesor de la capa semipermeable existente entre el recinto k y p	m

Una vez realizadas las anteriores puntualizaciones se procede a analizar los datos, parámetros y variables que se relacionan en las tablas anteriores.

Nombre y codificación de los recintos

La codificación de los recintos hidrogeológicos que es preciso implementar en el modelo SIMPA para obtener resultados que expliquen y cuantifiquen adecuadamente el comportamiento del flujo subterráneo en cada una de las Demarcaciones Hidrográficas se ha realizado de acuerdo a la siguiente nomenclatura:

- 1) En aquellas masas de agua subterránea donde se ha identificado un único recinto hidrogeológico, por lo que este coincide en extensión y límites con la masa de agua subterránea, se ha procedido a denominarlo utilizando el mismo código alfanumérico que tiene la masa de agua subterránea, pero añadiéndoles la letra "S" si el recinto es superficial o superior, o la "P" si este es profundo o inferior. A continuación, se han añadido los números "00" que indican que la masa y el recinto coinciden exactamente en sus límites. Como ejemplo se da la nomenclatura del recinto de código ES091MSBT089S00 "Cella-Ojos de Monreal" que coincide en sus límites con la masa de agua subterránea del mismo nombre.
- 2) Cuando en una masa de agua subterránea se han identificado varios recintos hidrogeológicos, pero todos ellos son superficiales o superiores, cada uno de los recintos se han identificado con el mismo código alfanumérico que tiene la masa de agua

subterránea, seguido de la letra “S” y de dos dígitos que se inician con la numeración “01” para el primer recinto, “02” para el segundo, “03” para el tercero. Es posible continuar con esta numeración hasta un máximo de 99 recintos. Caso este que no se ha presentado a lo largo del estudio. Como ejemplo se muestra la masa de agua subterránea ES091MSBT091 “Cubeta de Oliete” en la que se han identificado cuatro recintos que se han referido con los códigos: ES091MSBT091S01, ES091MSBT091S02, ES091MSBT091S03 y ES091MSBT091S04. La denominación de dichos recintos es respectivamente la siguiente: “Monforte de Moyuelas-Maicas”, Blesa-Oliete”, “Muniesa-Sierra de Arcos” y “Los Estrechos”.

- 3) Cuando en una masa de agua subterránea se han identificado varios recintos, tanto superficiales o superiores como profundos o inferiores, cada uno de los recintos hidrogeológicos superficiales o superiores se identifica con el mismo código alfanumérico que tiene la masa de agua subterránea, seguido de la letra “S” y de dos dígitos que se inician con la numeración “01” para el primer recinto, “02” para el segundo, “03” para el tercero, y continúa así hasta un máximo de 99. Para los profundos o inferiores se procede de la misma forma, pero cambiando la letra “S” por la “P”. A título de ejemplo se muestra el caso de la masa de agua subterránea ES060MSBT060-013 “Campo de Dalías-Sierra de Gádor” en la que se han identificado recintos profundos y superficiales, cuya codificación y denominación se indica a continuación:

ES0600MSBT060-013P01 “Inferior Noreste (zona confinada)”
ES0600MSBT060-013P02 “Inferior Occidental (zona confinada)”
ES0600MSBT060-013S01 “Inferior Noreste (zona libre)”
ES0600MSBT060-013S02 “Inferior Occidental (zona libre)”
ES0600MSBT060-013S03 “Superior e Intermedio Noreste”
ES0600MSBT060-013S04 “Superior Central”
ES0600MSBT060-013S05 “Escama de Balsa Nueva” y
ES0600MSBT060-013S06 “Alto Andarax”

El nombre que se ha dado a los recintos que se han identificado con la letra S o P seguida de los dígitos 00 es el mismo que tiene la masa de agua subterránea, pues ambos coinciden en sus límites. Para el resto de recintos, dado que siempre hay varios de ellos que forman parte de una misma masa de agua subterránea, se han utilizado varios criterios como nombrarlos de acuerdo al nombre de los ríos a los que descargan la mayor parte del agua subterránea que drenan; darles el nombre de un humedal con el que se encuentran interrelacionados hídricamente; denominarlos con el topónimo más característico de la zona en la que afloran las principales áreas de recarga o descarga; o simplemente referir los diferentes recintos hidrogeológicos a la posición que ocupan respecto de los cuatro puntos cardinales (norte, sur este y oeste) o de los cuatro laterales (noreste, sureste, sudoeste y noroeste).

Tipología de los recintos hidrogeológicos

El CEDEX ha propuesto al IGME que se consideren 3 tipos de recintos hidrogeológicos para su implementación en el modelo SIMPA que ha denominado H1, H2 y H3. A continuación se define cada una de estas tipologías:

- **Recintos hidrogeológicos tipo H1.** Corresponden a formaciones geológicas permeables que se encuentran saturadas de agua hasta un determinado nivel que se denomina superficie freática. Dicha superficie se caracteriza por presentar una presión igual a la

atmosférica y forma similar a la topografía del terreno, aunque no tan abrupta. Cuando las superficies freáticas cortan a la topografía del terreno se generan manantiales o zonas de encharcamiento que pueden tener una notable importancia. Entre la superficie del terreno y el nivel freático del acuífero, salvo en el caso comentado anteriormente, existe una zona no saturada de espesor variable.

No todos los materiales que constituyen los afloramientos del recinto hidrogeológico tienen que ser permeables, por lo que parte de la superficie del recinto puede estar ocupada por terrenos impermeables, aunque el porcentaje de éstos, para que el recinto hidrogeológico se pueda catalogar dentro de esta tipología, tiene que ser minoritario con respecto a la superficie total del recinto. La recarga directa por agua de lluvia tendrá lugar sobre una amplia extensión de la superficie del recinto, aunque los porcentajes de infiltración pueden tener una repartición espacial diferente, dependiendo por un lado de la cuantía y distribución espacial y temporal de la precipitación y la temperatura, y por otro de las características edáficas del suelo, de la vegetación que se desarrolla sobre el mismo, de la pendiente del terreno o de su litología.

- **Recintos hidrogeológicos tipo H2.** Corresponden a formaciones geológicas permeables de tipo mayoritariamente confinado o semiconfinado, por lo que el nivel piezométrico, que estará sometido a una presión mayor que la atmosférica, se localizará por encima del techo del recinto, salvo en aquellas áreas donde tenga carácter libre. Este tipo de recintos se emplazan debajo de uno de tipología H1, de una formación geológica impermeable o bien de ambos tipos. Es condición necesaria que la superficie del recinto tipo H1, de la formación impermeable o bien del conjunto de ambas, sea menor que la correspondiente al recinto H2, por lo que el recinto H2 siempre tendrá una parte del mismo que aflora en superficie y es susceptible de recibir recarga directa por precipitación en el área en la que afloran los materiales permeables.

Este hecho implica que la superficie de recarga de una determinada Demarcación Hidrográfica no siempre coincidirá en su totalidad con la superficie permeable aflorante correspondiente a recintos tipo H1. Lo más normal es que aquélla corresponda a la suma de la superficie aflorante permeable tanto de recintos tipo H1 como H2. Para la simulación de este último tipo de recintos se han de emplear teóricamente dos coeficientes de almacenamiento diferentes. Uno para la parte del recinto que se comporta como libre y otro para la que presenta carácter confinado o semiconfinado.

- **Recintos hidrogeológicos tipo H3.** Se localizan bajo un recinto hidrogeológico tipo H1, H2, o incluso de una formación impermeable o bien de una combinación de los mismos. No obstante, es totalmente necesario que el recinto hidrogeológico tipo H3 presente una superficie de igual o menor tamaño que la de contacto con los recintos hidrogeológicos que se encuentran por encima de él, incluidas las formaciones impermeables suprayacentes. Es decir, la superficie del recinto H3 debe quedar completamente cubierta por las correspondiente al resto de los recintos y formaciones impermeables interrelacionadas con el mismo. No tienen recarga directa por lluvia. El nivel piezométrico se encontrará por encima del techo del recinto. La salida de agua en estos recintos se produce bien por transferencias laterales a otros recintos o verticales a través de la capa semipermeable que separa el recinto H3 de los del tipo H1 o H2.

En la tabla 4.7 se correlacionan los códigos de los 5 recintos hidrogeológicos de la Demarcación Hidrográfica del Tinto, Odiel y Piedras con las tipologías H1, H2 y H3 que ha propuesto el CEDEX para su implementación en el código SIMPA.

Tabla 4.7. Correlación entre códigos y tipología de recintos hidrogeológicos.

RECINTO HIDROGEOLÓGICO (RH)		Tipología de RHs Nomenclatura CEDEX
Código	Nombre	
ES064MSBT000305930S00	Niebla	H1
ES064MSBT000305940S01	Piedras	H1
ES064MSBT000305940S02	Odiel	H1
ES064MSBT000305950S00	Condado	H1
ES064MSBT004400010S00	Aracena	H1

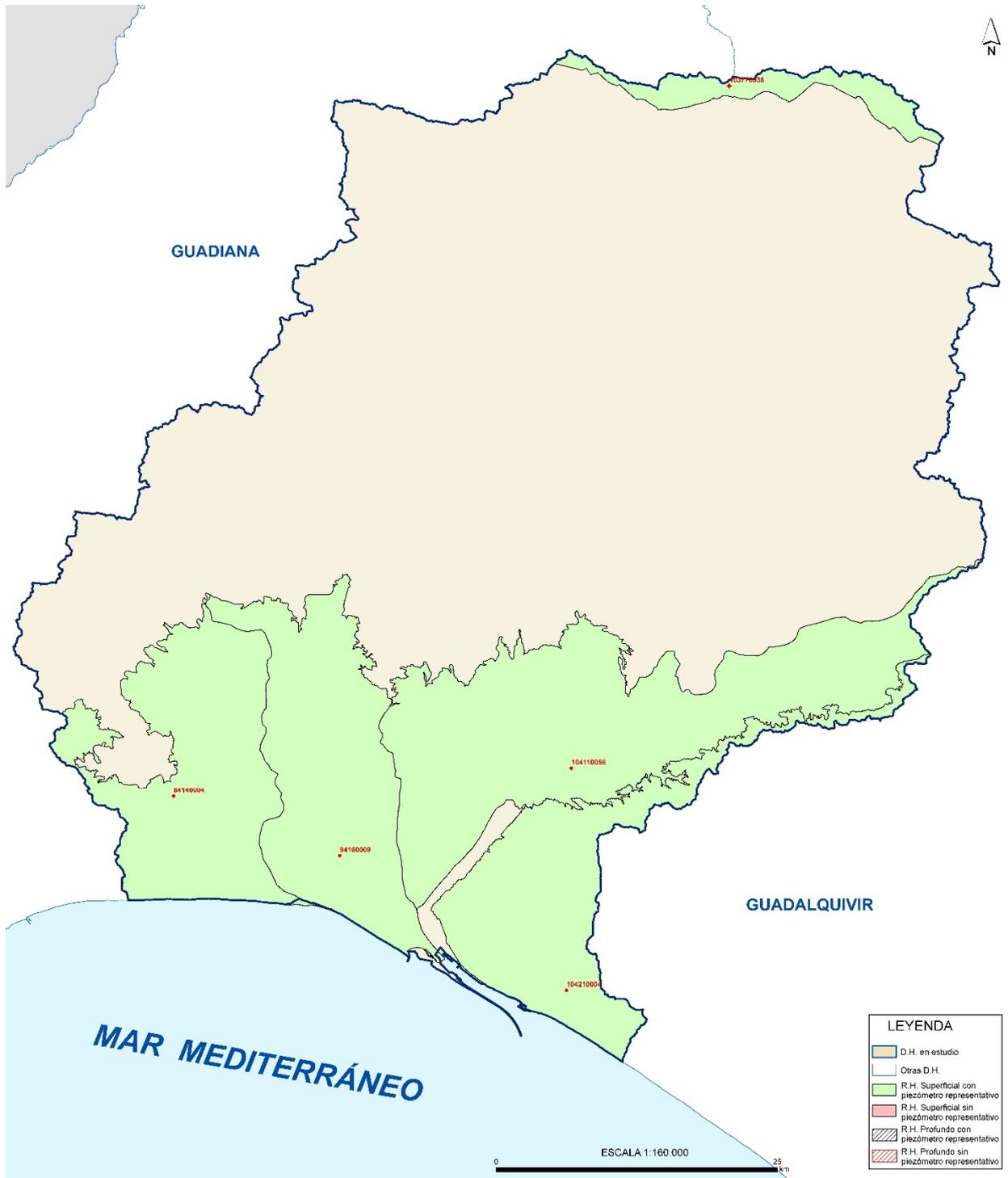
Mapa de situación y mapa hidrogeológico

Para cada recinto hidrogeológico se proporciona un mapa de situación de la masa de agua subterránea y del recinto hidrogeológico en estudio en relación a su localización geográfica dentro de la demarcación hidrográfica a la que pertenece. Estos mapas se acompañan de un mapa hidrogeológico del recinto elaborado de acuerdo a la siguiente leyenda:

- Ia: Formaciones carbonatadas de permeabilidad alta o muy alta.
- Ib: Formaciones carbonatadas de permeabilidad alta y volcánicas de permeabilidad muy alta.
- Ila: Formaciones detríticas o cuaternarias de permeabilidad alta o muy alta, así como formaciones volcánicas de permeabilidad alta.
- IIb: Formaciones detríticas, cuaternarias y volcánicas de permeabilidad media.
- Ila: Formaciones metadetríticas de permeabilidad alta. Formaciones detríticas, volcánicas, carbonatadas o cuaternarias de permeabilidad baja.
- IIIb: Formaciones generalmente impermeables o de muy baja permeabilidad. Formaciones metadetríticas, ígneas o evaporíticas de permeabilidad baja o media.

Sobre el mapa hidrogeológico de cada uno de los recintos se localiza un piezómetro de control representativo del comportamiento del recinto hidrogeológico, siempre que exista este elemento de vigilancia y control de las aguas subterráneas (Anexo 2). Como se observa en la figura 4.1, en todos los recintos hidrogeológicos de la demarcación se ha dispuesto de un piezómetro representativo. En la cartografía que se adjunta también se hace referencia a los topónimos de los cursos superficiales de agua que se encuentran interrelacionados hídricamente con las formaciones geológicas permeables que existen en el recinto hidrogeológico, así como a la ubicación de un punto característico de la red hidrométrica que proporciona un hidrograma representativo de las descargas de agua subterránea (manantial o río con estación de aforo) (Anexo 3). Tanto el piezómetro como el hidrograma representativo se identifican por su número de registro y sus coordenadas UTM.

Figura 4.1 Recintos hidrogeológicos sin piezómetro representativo



Esquema topológico

Para la mejor comprensión del funcionamiento hídrico de los recintos hidrogeológicos se han elaborado esquemas topológicos que acompañan a cada una de las fichas que se han realizado. Se entiende por esquema topológico un diagrama de bloques, líneas y flechas que ilustra y explica visualmente el funcionamiento de un recinto hidrogeológico en lo que respecta a sus entradas y salidas de agua, así como a las relaciones hídricas que mantiene con otros elementos del sistema de recursos hídricos.

Dado que el régimen hídrico de funcionamiento del recinto hidrogeológico, sobre el que se han elaborado las fichas que forman parte del presente documento, es el natural, solo cabe considerar como elementos del sistema de recursos hídricos los siguientes: descargas al mar; descargas por manantiales; pérdidas en sumideros; ríos ganadores y perdedores, bien de manera puntual o difusa; aportaciones de agua subterránea desde humedales; cesiones de agua subterránea a los humedales; transferencias verticales de agua entre recintos hidrogeológicos; transferencias laterales de agua entre recintos hidrogeológicos (Se ha considerado que no existen transferencias laterales entre los recintos hidrogeológicos definidos). En estos esquemas, dado que el régimen es el natural, no tienen cabida los bombeos, la recarga artificial, los retornos de riego o las filtraciones desde embalses, canales o cualquier otro tipo de conducción de distribución o saneamiento.

Área del recinto

A partir del mapa hidrogeológico que acompaña a cada ficha se ha desglosado, tanto porcentualmente como en valor absoluto, la superficie total de cada recinto, así como las parciales correspondientes a cada rango de permeabilidad. En la tabla que acompaña a la ficha se aportan los datos: de superficie total del recinto, superficie permeable; y superficie impermeable.

Se considera que la recarga por precipitación tiene lugar preferentemente a través de los terrenos que presentan los siguientes tipos de permeabilidad: Ia, Ib; IIa y IIb. No obstante, en aquellas masas constituida exclusivamente por afloramientos de permeabilidad tipo IIIa y IIIb habrá que plantear una propuesta en la que se consideren tasas de infiltración acordes a los materiales de baja permeabilidad que afloran, que evidentemente serán más bajas que las correspondientes a las formaciones Ia, Ib; IIa y IIb.

Cota media del techo del recinto

Para los recintos hidrogeológicos tipo H1 la cota media del techo del recinto se ha calculado a partir del MDT 100h30pb del SGE con tamaño de celda de 100x100 m. En los cálculos efectuados no se ha discernido entre terrenos permeables, impermeables y de baja permeabilidad, dado que el dato que se ha solicitado al IGME para su implementación en el modelo SIMPA es el correspondiente a la cota media del techo del recinto; es decir, la cota media de la superficie del terreno sobre la que pueden aflorar tanto materiales impermeables como permeables de diferente rango de conductividad hidráulica. Por tanto, la cota media del techo del recinto no tiene por qué coincidir con la cota media de las formaciones geológicas permeables susceptibles de constituir acuíferos.

Esta discrepancia puede dar lugar a errores más o menos significativos en función de la distribución orográfica de las distintas formaciones permeables e impermeables que constituyen el recinto, por lo que en el presente documento se advierte de este hecho para que se modifique el valor inicialmente dado al techo del recinto, cuando proceda o se precise, que bien puede realizarse durante la etapa de introducción de datos al modelo o bien durante la etapa de calibración.

La cota media del techo del recinto constituye un parámetro de control cuya finalidad es establecer un límite superior a partir del cual no puede exceder ninguna cota piezométrica simulada, porque si lo hiciera se inundaría la superficie del terreno. El IGME propuso al CEDEX en las distintas reuniones mantenidas con este Organismo que en vez de denominar a este parámetro “cota del techo del recinto”, que podía inducir a equívoco, se le designara con una terminología más intuitiva como “Límite de piezometría máxima permisible” o “Límite superior de suelo no susceptible de ser inundado”.

A título explicativo, se hace referencia a un recinto hidrogeológico constituido en una importante parte del mismo por extensas áreas montañosas de elevado relieve y litología impermeable, y en el resto por formaciones permeables que se extienden sobre fondos de valle, por lo que presentan una cota mucho menor que la correspondiente a las formaciones impermeables. En este contexto, es factible que acontezca, dependiendo de la mayor o menor extensión de los materiales permeables e impermeables aflorantes, que el techo medio de las formaciones geológicas permeables posea una cota notablemente inferior a la cota media del techo del recinto, por lo que dependiendo de que se considere una u otra cota, se pueden obtener volúmenes de agua almacenada en el recinto hidrogeológico muy diferentes o bien valores muy diversos de la recarga de agua al recinto hidrogeológico.

En los recintos hidrogeológicos tipo H2 solo se puede aplicar la metodología descrita para los recintos H1 en la parte de los mismos que afloran en superficie, por lo que su aplicación se ve limitada a casos muy concretos dependientes de la mayor o menor extensión de los afloramientos permeables.

Cuando ha sido posible, la cota de techo de los recintos tipo H2 se ha determinado a partir de datos procedentes de columnas de sondeos, perfiles geofísicos o proyecciones de la cartografía geológica e hidrogeológica. Esta forma de operar ha sido bastante infrecuente dada la carencia de datos de este tipo que existen a escala de todo el país. Es necesario advertir que la cota de techo que se proporciona en el caso de los recintos tipo H2 presenta una gran imprecisión, dado que en numerosas ocasiones se ha extrapolado a partir de un único valor.

En el caso de los recintos tipo H3 la dificultad operacional todavía ha sido mayor que la expuesta para los recintos de tipo H2, por lo que el valor que se proporciona todavía presenta una mayor incertidumbre.

Cota media del muro del recinto

La cota media del muro del recinto se ha determinado, siempre que ha sido posible, a partir de datos procedentes de columnas de sondeos, perfiles geofísicos o proyecciones de la cartografía geológica e hidrogeológica. Esta forma de operar ha sido bastante infrecuente dada la carencia de datos de este tipo que existen a escala de todo el país, así como a la complejidad que implica el tratamiento de los mismos cuando existen.

Es necesario advertir que la cota media del muro de los recintos que se proporciona presenta una gran incertidumbre. En numerosas ocasiones se ha extrapolado a partir de un único dato o bien se ha obtenido de una forma indirecta. Así, en recintos de tipología aluvial en los que se desconoce su potencia se ha procedido a restar a la cota media de techo del recinto un espesor característico de otros acuíferos aluviales próximos geográficamente y de una litología afín al que se está caracterizando.

En otros muchos acuíferos que presentan una geología estructural muy compleja con numerosas compartimentaciones en bloques de distinto espesor, que incluso en ocasiones no presentan conexión hidráulica entre sí, ha resultado muy complicado asignarles una cota de muro mínimamente representativa del conjunto, ya que cada bloque tiene la suya. Dado que solo se puede proporcionar un único valor de la cota media del muro del recinto, se ha optado en unas ocasiones por proporcionar una cota de muro que corresponde a la media de los distintos bloques que se han identificado, mientras que, en otras, la cota media se ha obtenido por ponderación de acuerdo a la superficie de cada bloque.

Dado que el valor medio de la cota del techo del acuífero corresponde a un valor medio de la topografía del terreno, que presenta el recinto hidrogeológico, y que la cota media del muro se puede haber obtenido en numerosas ocasiones a partir de un único valor puntual que se puede localizar en cualquier parte del recinto, puede darse la paradoja de que la cota media que se asigna al muro del recinto este por encima de la cota media del techo del recinto. Este hecho se ha tratado de solventar corrigiendo la cota media del muro bien a partir del gradiente hidráulico o bien el topográfico. No obstante, puede haber recintos en las fichas que se adjuntan donde esto no se haya hecho, por lo que se recomienda revisar este dato antes de su introducción en el modelo SIMPA.

La cota media del muro del recinto constituye un parámetro de control cuya finalidad es establecer un límite inferior que no puede sobrepasar ninguna cota piezométrica simulada, ya que si lo hiciera denotaría que existe agua subterránea en una formación geológica que se ha calificado como completamente impermeable. El IGME propuso al CEDEX, en las distintas reuniones mantenidas con este Organismo, que en vez de denominar a este parámetro “cota media del muro del recinto”, que podía inducir a equívoco, se le designara con la terminología más intuitiva de “Límite inferior de piezometría permisible”.

Dada la imprecisión de los datos que se suministra sobre el parámetro cota media del muro del recinto y del desconocimiento que existe sobre la geometría de los horizontes profundos de las formaciones permeables en muchos de los recintos hidrogeológicos identificados en el presente estudio, se desaconseja estimar reservas de agua en los recintos hidrogeológicos mediante la aplicación del modelo SIMPA.

Cota umbral de conexión del recinto

Hace referencia a la cota más baja por la que desagua el recinto hidrogeológico. Ésta, no tiene por qué ser la cota topográfica más baja del recinto, pues esta última puede corresponder a terrenos tipo IIIa o IIIb. Es decir, impermeables o de muy baja permeabilidad. En este caso la cota umbral de conexión quedará determinada por la cota topográfica más baja correspondiente a un terreno permeable.

Es factible que un recinto pueda carecer de cota umbral de conexión. Esto ocurre en aquellos recintos donde todo el flujo se transfiere subterránea y lateralmente a un recinto hidrogeológico contiguo o bien verticalmente a uno superior o inferior.

Dado que las cotas de techo y muro del recinto hidrogeológico corresponden a valores medios y la cota umbral de conexión a uno real y puntual que se suele localizar en el área más baja en la que contactan los afloramientos permeables e impermeables, se detecta, especialmente en aquellos recintos de poco espesor y geometría muy alargada respecto al ancho del recinto hidrogeológico, incongruencias tales como que la cota de desagüe del recinto se encuentra por debajo de la cota del muro. Evidentemente, este hecho constituye un auténtico dislate, que deberá corregirse refiriendo a un mismo sistema o punto de referencia todas las variables y parámetros que caracterizan a un determinado recinto hidrogeológico. Para ello habrá que hacer uso del valor medio del gradiente hidráulico del recinto.

Transmisividad y permeabilidad horizontal

La transmisividad es uno de los parámetros que se encuentran relativamente bien representados a escala de todo el estado español. Esto no quiere decir que se puedan dibujar mapas de isotransmisividades en todos los recintos hidrogeológicos que se han definido en presente trabajo, pero sí que se poseen valores puntuales que permiten caracterizar un importante número de los mismos. Los recintos donde se carece de datos suelen coincidir con áreas de alta montaña o de cabeceras de ríos donde el aprovechamiento del agua subterránea es nulo o muy escaso a través de sondeos o pozos.

Los datos de transmisividad que generalmente se poseen corresponden a ensayos de bombeos que se han realizado en pozos muy productivos, por lo que se precisa ser muy prudente a la hora de trabajar con los mismos y proceder a su extrapolación para caracterizar una gran superficie, ya que los resultados que se obtengan pueden carecer de representatividad espacial.

Este hecho es especialmente significativo en las formaciones permeables de baja permeabilidad catalogadas como tipo IIIa, ya que en numerosas ocasiones los pozos y sondeos se localizan en zonas de alteración o fisuración, e incluso a veces muy próximos a ríos y arroyos con los que mantienen cierta conexión hídrica. Estas matizaciones pueden plantear dudas a la hora de extrapolar ciertos datos cuando estos afecta a formaciones geológicas de baja o muy baja permeabilidad.

Por lo que respecta al valor de la permeabilidad, aunque la misma en principio es fácil de calcular dividiendo la transmisividad por el espesor saturado, ocurre que esta última variable se desconoce en muchos lugares, lo que ha hecho imposible complementar la cuantía de dicho parámetro en un número muy significativo de recintos.

Por otro lado, el no disponer de datos de permeabilidad en un número considerable de recintos, y en otros muchos tener que admitir que los valores que se han suministrado presentan incertidumbres significativas, induce a plantearse importantes dudas a la hora de trabajar con un código SIMPA que opere con conductividades hidráulicas.

Para la transmisividad y la permeabilidad, al igual que ha ocurrido con otros parámetros y variables relacionadas en las tablas anteriores, ha sido necesario, en algunas ocasiones, debido a que en un determinado recinto existía una total carencia de este tipo de datos, asignar a dicho recinto los valores de transmisividad o permeabilidad de un recinto contiguo de características

hidrogeológicas parecidas o bien valores bibliográficos medios para un determinado tipo de terreno e hidrodinamismo del mismo.

Coefficiente de almacenamiento para recinto tipo libre y confinado

Se proporcionan dos tipos de coeficientes de almacenamiento. Uno para los recintos H1 y otro para los recintos H3. Los valores que se facilitan proceden de datos de ensayos de bombeos almacenados en diferentes bases de datos o de información bibliográfica tabulada en diferentes libros y artículos científicos.

Los recintos hidrogeológicos tipo H1 son asimilables a acuíferos libres por lo que el coeficiente de almacenamiento es más o menos equivalente a la porosidad eficaz de los materiales que forman el acuífero. En este caso el coeficiente de almacenamiento que se proporciona es el denominado S_y que es el rendimiento específico (specific yield en la terminología anglosajona).

En los recintos hidrogeológicos H3 el espesor saturado no varía con el tiempo, por lo que se puede utilizar el concepto de transmisividad ($T_x = K_x b$ y $T_y = K_y b$; donde b es el espesor saturado). El coeficiente de almacenamiento ($S = S_s b$), ya no es igual a la porosidad eficaz, sino al producto del espesor saturado por el almacenamiento específico (S_s). Este último es función de la densidad del fluido (ρ), de la porosidad del medio (m), de la compresibilidad del esqueleto sólido del acuífero (α) y de la compresibilidad del agua (β).

$$S_s = g\rho(\alpha + m\beta) \quad (3)$$

Para el caso de los recintos hidrogeológicos tipo H2 se proporcionan ambos tipos de coeficientes de almacenamiento, ya que para estimar el volumen de agua almacenado en un determinado recinto hidrogeológico del tipo H2 se precisa hacer uso de los dos, dado que los recintos tienen una parte libre y otra confinada. No obstante, dado que S_y es mucho mayor que S , como se puede observar en la tabla 4.8, para que el volumen de agua almacenado en la parte confinada del recinto hidrogeológico sea igual al volumen de agua almacenado en la parte del recinto hidrogeológico de tipo libre, el área de embalse del primero tiene que ser superior a la del segundo en un orden de magnitud comprendido entre 100 y 10000. Esto implica que en la mayor parte de las situaciones que se analicen se puede despreciar la parte del recinto correspondiente a la zona confinada.

Tabla 4.8 Tipologías e intervalo de variación del coeficiente de almacenamiento

Tipo de recinto hidrogeológico	Denominación	Símbolo	Valor	Unidad
Libre	Porosidad eficaz de drenaje o rendimiento específico	S_y	3×10^{-1} a 10^{-2}	adimensional
Semiconfinado	Coefficiente de almacenamiento	S	10^{-3} a 10^{-4}	adimensional
Confinado	Coefficiente de almacenamiento	S	10^{-4} a 10^{-5}	adimensional

Coefficiente de agotamiento o de desagüe del recinto hidrogeológico.

Se ha calculado a partir de:

- 1) La curva de agotamiento de un hidrograma.
- 2) La aplicación de la expresión

$$\alpha = \pi^2 T / 4SL^2$$

Donde T es la transmisividad del acuífero, S el coeficiente de almacenamiento y L la distancia del eje principal de drenaje al borde impermeable del recinto o a la divisoria hidrogeológica.

- 3) Datos bibliográficos procedentes de modelos de gestión conjunta.
- 4) Datos bibliográficos tomados del informe “Evaluación de los recursos hídricos en España” (CEDEX, 2016).

Dado que el coeficiente de agotamiento o de desagüe es un parámetro poco intuitivo, se le acompaña en las fichas del tiempo de semivaciado o de semiagotamiento, que es el tiempo que el recinto tarda en reducir su caudal de descarga a la mitad desde que tiene lugar el evento de recarga. Es decir, de la mayor o menor rapidez con la que se desagua un acuífero.

Nivel piezométrico en el instante inicial.

El modelo SIMPA precisa de un nivel piezométrico inicial para comenzar a iterar. Dado que los cálculos deben realizarse inicialmente en régimen natural, dicho nivel debe corresponder a una situación no influenciada durante un largo periodo de tiempo o no afectada nunca por ningún aprovechamiento hídrico del tipo bombeos o retornos de riego. Los valores que se han suministrado para caracterizar dicho nivel corresponden a:

- 1) La medida piezométrica más antigua de la que se tiene registro.
- 2) Nivel medio de todas las medidas piezométricas realizadas en un determinado recinto siempre que aquellas se hayan tomado en régimen natural.

No siempre ha sido factible disponer de un nivel piezométrico inicial en régimen natural, por lo que a veces no ha quedado más remedio que considerar uno en régimen influenciado. Otras veces no ha sido posible ni tan siquiera eso, por lo que se ha adoptado como nivel inicial la cota topográfica del terreno más o menos disminuida y suavizada en una cierta cuantía.

Gradiente hidráulico medio

No siempre ha sido posible disponer de dos piezómetros en un mismo recinto al objeto de determinar el gradiente hidráulico subterráneo, por lo que dicha variable no se ha podido obtener en numerosas ocasiones. Este problema se ha resuelto a veces utilizando un piezómetro y un manantial. En otras, donde la geometría y la tipología del acuífero lo permitían, asimilando el gradiente hidráulico al gradiente topográfico.

Dado que los datos de las variables y parámetros que precisa el código SIMPA para ser operable, no siempre están referidos a un mismo punto de un recinto hidrogeológico, se precisa transformar algunos de ellos, como pueden ser la piezometría o la cota de desagüe, mediante la utilización del gradiente hidráulico al objeto de referirlos a una misma coordenada común, ya que SIMPA es capaz de realizar cálculos matemáticos independientemente de una realidad hidrogeológica, por lo que es muy importante tener aquella presente a la hora de obtener resultados coherentes y veraces. Este hecho es el que se persigue con el comentario que se realiza en el

presente epígrafe. Si no se procede de esta forma se pueden cometer errores significativos tanto durante la etapa de cálculo como durante la de calibración.

Transferencia lateral entre recintos.

Para el cálculo de esta variable se suministran dos tipos de datos en la ficha que ha elaborado el IGME.

- 1) Longitud de contacto entre recintos.
- 2) Distancia del centro de un recinto al borde de contacto con otro recinto con el que tiene transferencia subterránea.

Longitud de contacto entre recintos.

Corresponde a la longitud de afloramientos permeables que es común a dos recintos hidrogeológicos entre los que existe transferencia subterránea de agua. En la ficha se proporciona la longitud total de la línea de contacto entre ambos recintos y el porcentaje de dicha longitud que corresponde a afloramientos permeables.

Distancia del centro de un recinto al borde de contacto con otro recinto con el que tiene transferencia subterránea.

La transferencia lateral de agua entre los recintos k y l viene dada por la siguiente expresión:

$$Q_{i,kl} = -T_{kl} \cdot \frac{(NP_{i1,k} - NP_{i1,l})}{(I_{kl} + I_{lk})} * L_{kl}$$

Donde:

$Q_{i,kl}$ es el caudal que se transfiere horizontalmente entre los recintos k y l. El signo será negativo si sale de k y entra en l y positivo si sucede lo contrario.

L_{kl} la longitud de contacto de afloramientos permeables entre los recintos k y l.

I_{kl}, I_{lk} la distancia entre el centro de un recinto y el borde de contacto con el otro recinto.

T_{kl} la transmisividad equivalente entre el recinto k y l.

$$\frac{1}{T_{kl}} = \frac{1}{(I_{kl} + I_{lk})} \cdot \left(\frac{I_{kl}}{T_k} + \frac{I_{lk}}{T_l} \right)$$

Si se trabajara con conductividades hidráulicas la anterior expresión se convertiría en:

$$\frac{1}{K_{kl}} = \frac{1}{(I_{kl} + I_{lk})} \cdot \left(\frac{I_{kl}}{K_k} + \frac{I_{lk}}{K_l} \right)$$

Donde:

K_k es la permeabilidad del recinto k.

K_l es la permeabilidad del recinto l.

K_{kl} = permeabilidad equivalente entre el recinto k y l.

Al operar solo con la distancia que hay entre el centro de un recinto y el borde de contacto de otro recinto puede dar lugar en numerosas ocasiones a errores significativos. A título de ejemplo se citan:

- 1) El agua en su recorrido subterráneo puede pasar por zonas no permeables.
- 2) La distancia entre el centro de un recinto y el borde de contacto de otro recinto puede ser considerablemente menor que la recorrida realmente por la mayor parte del agua que se mueve a través del medio subterráneo.

Por esta razón se ha optado por trabajar con la media de todas las distancias posibles que puede recorrer una gota de agua que circula desde cualquier punto de un recinto hasta alcanzar el borde permeable del otro recinto con el que se encuentra en contacto y mantiene transferencia subterránea de agua. Para poder realizar este proceso de cálculo ha sido necesario proceder a efectuar un análisis geométrico complejo que solo ha sido posible realizar y automatizar mediante el empleo de un SIG y un lenguaje script. En el presente caso se ha utilizado ARCGIS y Python.

En la ficha que se ha elaborado se hace referencia al volumen medio transferido tanto en lo que respecta a su valor medio como al intervalo entre los que varía. Se trata de valores bibliográficos que se utilizarán, si se requiere, durante la etapa de calibración.

Transferencia entre recintos y el mar.

Para el cálculo de esta variable se suministran dos tipos de datos en la ficha que ha elaborado el IGME.

- 1) Longitud de contacto entre el recinto y el mar.
- 2) Distancia del centro de un recinto a la línea de costa.

Longitud de contacto entre recintos.

Corresponde a la longitud de afloramientos permeables del recinto que es común con el mar. En la ficha se proporciona la longitud total de la línea de costa y el porcentaje de dicha longitud que corresponde a afloramientos permeables.

Distancia del centro de un recinto a la línea de costa

Esta distancia se ha calculado a partir de una metodología análoga a la empleada para calcular la distancia del centro de un recinto al borde de contacto con otro recinto con el que tiene transferencia subterránea. En este caso se ha trabajado con la media de todas las distancias posibles que puede recorrer una gota de agua que circula desde cualquier punto de un recinto hasta que alcanza el borde permeable de la línea de costa. Para poder realizar este proceso de cálculo ha sido necesario proceder a efectuar un análisis geométrico complejo que solo ha sido

posible realizar y automatizar mediante el empleo de un SIG y un lenguaje script. En el presente caso se ha utilizado ARCGIS y Phyton.

En la ficha que se ha elaborado se hace referencia al volumen medio transferido por el recinto hidrogeológico al mar tanto en lo que respecta a su valor medio como al intervalo entre el que varía. Se trata de valores bibliográficos que se utilizarán, si se requiere, durante la etapa de calibración.

Transferencia vertical entre recintos hidrogeológicos

Para el cálculo de esta variable se suministran tres tipos de datos en la ficha que ha elaborado el IGME.

- 1) Espesor de la capa semipermeable existente entre el recinto hidrogeológico superior y el inferior.
- 2) Permeabilidad vertical de la capa semipermeable entre el recinto hidrogeológico superior y el inferior.
- 3) Superficie de paso entre el recinto hidrogeológico superior y el inferior.

Espesor de la capa semipermeable existente entre el recinto hidrogeológico superior y el inferior

Este dato se ha obtenido a partir de datos geofísicos o de columnas estratigráficas de sondeos. Cuando no se ha dispuesto de esta información se ha intentado obtenerlo a partir de cartografía geológica. No siempre ha sido posible disponer de este dato.

Permeabilidad vertical de la capa semipermeable entre el recinto hidrogeológico superior y el inferior.

Dado que existen pocos datos procedentes de ensayos de bombeo se ha obtenido a partir de bibliografía.

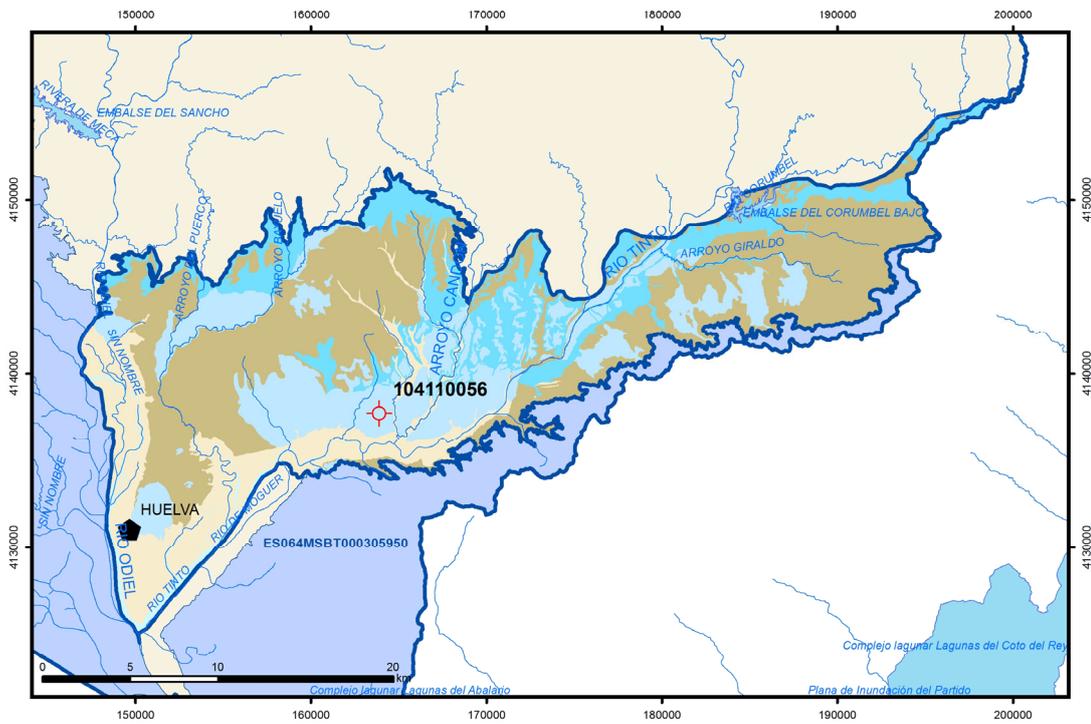
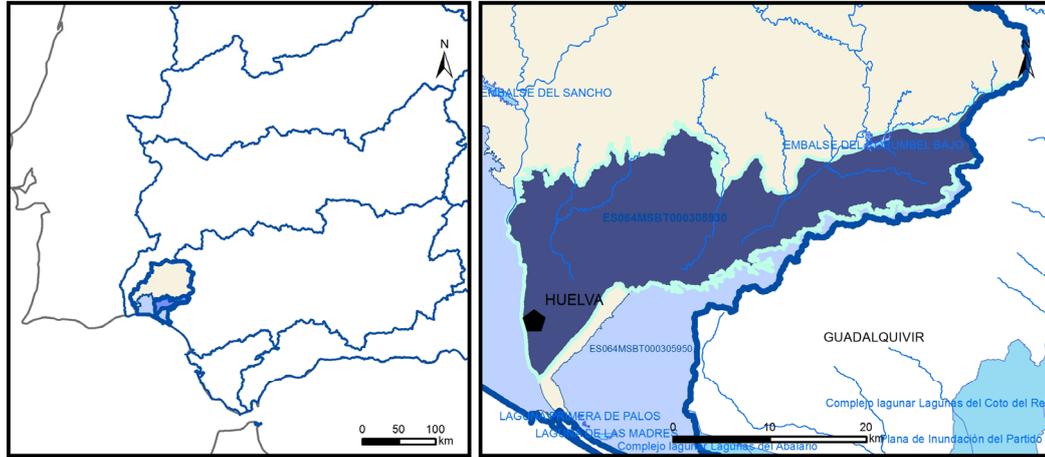
Superficie de paso entre el recinto hidrogeológico superior y el inferior

Este dato se suministra directamente desde el Gis por cálculo de la intersección del recinto superior con el inferior.

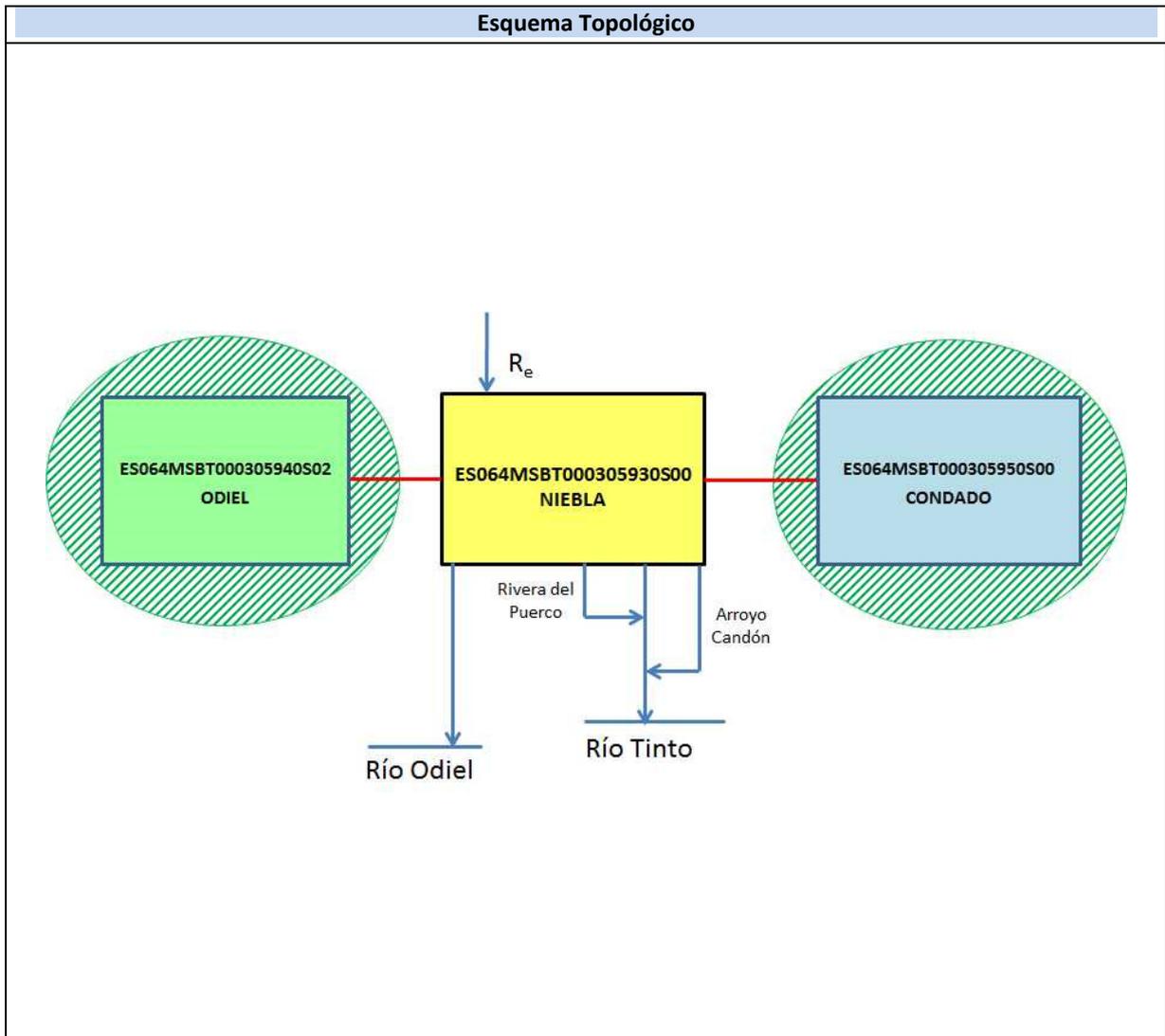
ANEXO 1
Fichas de datos de recintos hidrogeológicos

ES064MSBT000305930S00

Niebla



- | | | | | | | | | | |
|--|-----------------|--|------------|--|------------|--|-----------------------|--|----------------|
| | D.H. en estudio | | Otras D.H. | | Otras MASb | | Otros R.H. de la MASb | | R.H en estudio |
|--|-----------------|--|------------|--|------------|--|-----------------------|--|----------------|
- Ia Formaciones carbonatadas de permeabilidad alta o muy alta
 - Ib Formaciones carbonatadas o volcánicas de permeabilidad media
 - IIa Formaciones detríticas o cuaternarias de permeabilidad alta o muy alta, así como formaciones volcánicas de permeabilidad muy alta
 - IIb Formaciones detríticas o cuaternarias de permeabilidad media. Formaciones volcánicas de alta permeabilidad
 - IIIa Formaciones metadetríticas de permeabilidad alta. Formaciones detríticas, volcánicas, carbonatadas o cuaternarias de permeabilidad baja
 - IIIb Formaciones generalmente impermeables o de muy baja permeabilidad. Formaciones metadetríticas, ígneas o evaporíticas de permeabilidad baja o media
- Localización del piezómetro representativo
 - Localización del hidrograma



CARACTERÍSTICAS GEOMÉTRICAS R.H.			
Superficie Recinto Hidrogeológico (km ²) (A)	Materiales permeables		
	Tipo de permeabilidad	Porcentaje	Total km ²
Permeable	Ia		
	Ib		
	IIa	16,7	88,53
	IIb	21,71	115,09
	IIIa	15,2	80,55
		Total permeable:	284,18
Impermeable	IIIb	44,02	233,32
		Total RH:	529,72

CARACTERÍSTICAS HIDRODINÁMICAS R.H.

Parámetro	Valor representativo	Intervalo
Transmisividad (m ² /día) (T)	300	10-600
Permeabilidad horizontal (m/día) (K)		
Coeficiente de almacenamiento	Ac. Libre (S)	0,025
	Ac. Confinado (S')	
Coeficiente de descarga del acuífero (días ⁻¹) (α)	0,03	
Tiempo de semivaciado (días) ($t_{1/2} = (\ln 2) / \alpha$)	23	

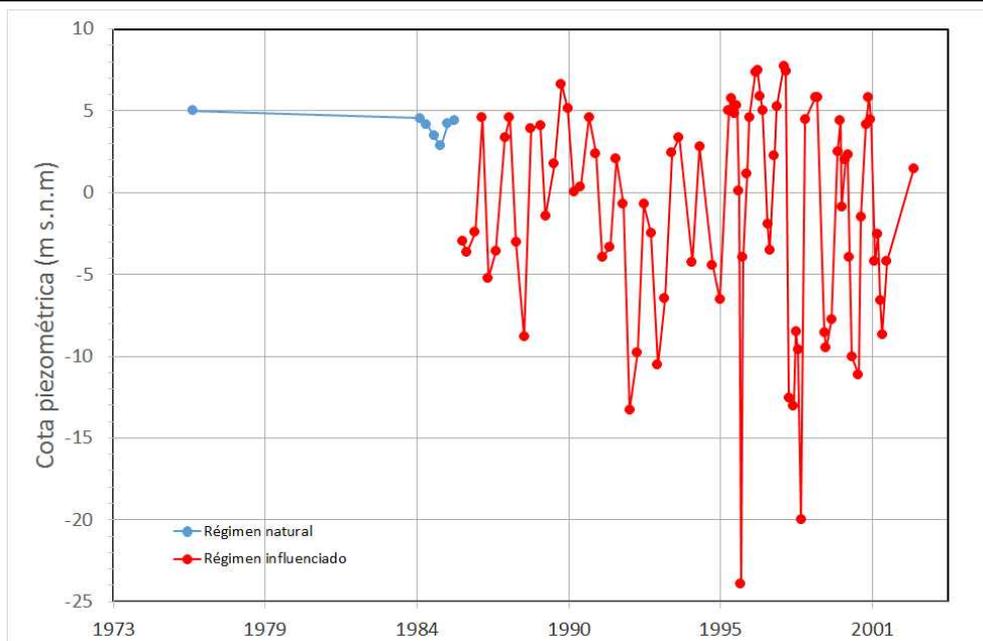
CARACTERIZACIÓN PIEZOMÉTRICA R.H.

Característica	Valor	Fecha o periodo
Nivel piezométrico medio estimado en régimen natural (m s.n.m.) (NP₀)	4,1	1976-1986
Gradiente medio	0,01	
Cota media del techo del R.H (m s.n.m.) (Ztecho)	52	
Cota media del muro del R.H (m s.n.m.) (Zmuro)	-20	
Cota umbral de conexión del R.H. (ms.n.m.) (Zumb)	4	

Piezómetro representativo

Nº de registro	X UTM (ETRS89)	Y UTM (ETRS89)	Cota (m s.n.m.)
104110056	163895	4137724	15

Gráfico piezómetro representativo (localización sobre el mapa hidrogeológico)

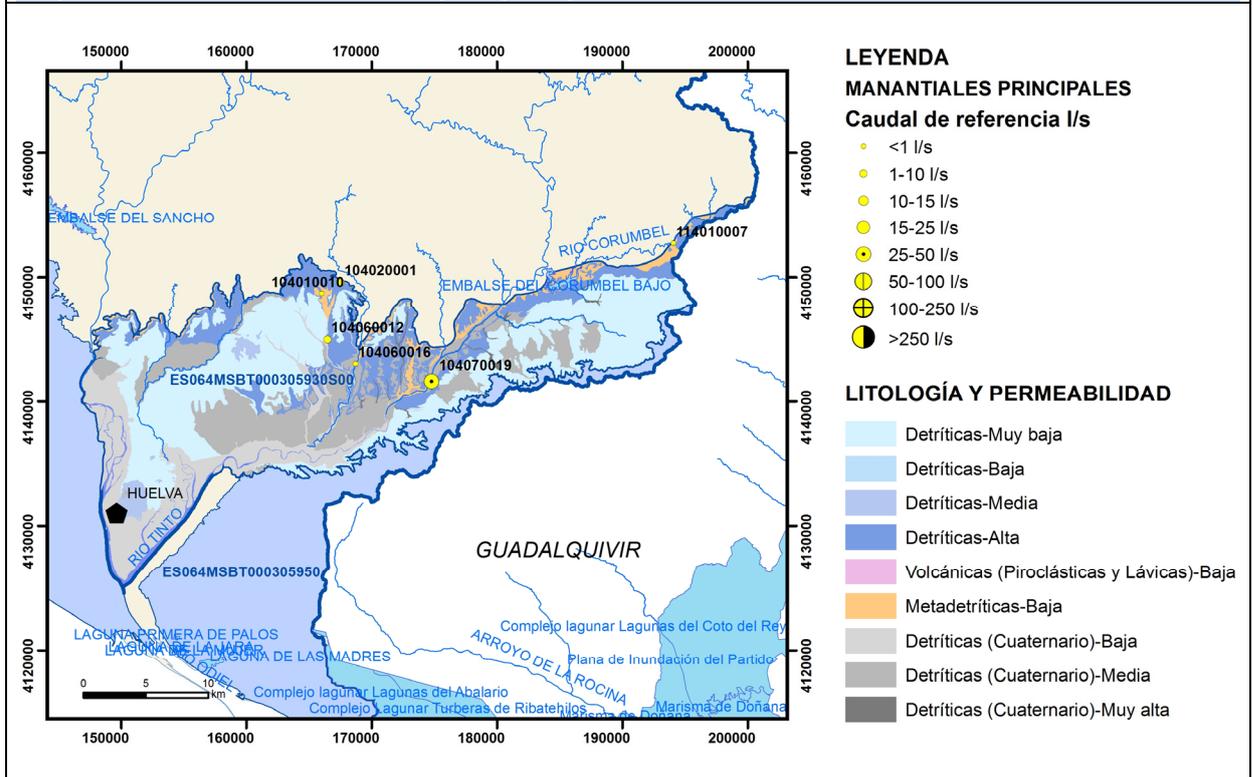


CARACTERIZACIÓN HÍDRICA R.H.

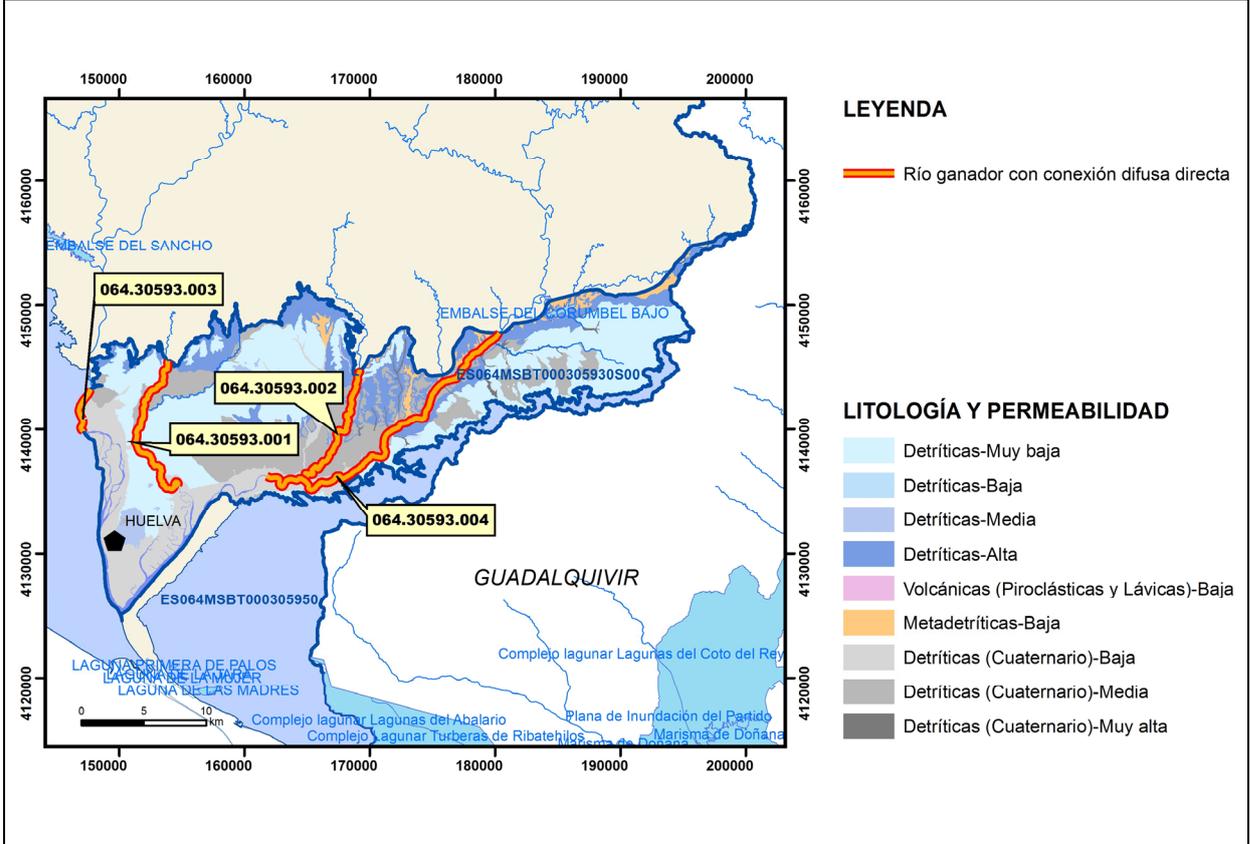
Relación río-acuífero

Forma de recarga o descarga	Código manantial principal o tramo	Cota (m) (Zc)	Coef α del manantial (días ⁻¹) (α _m)	Caudal medio (hm ³ /año) (Q _m)	Intervalo (hm ³ /año)	Coef. de reparto % (coefReparto)	Relación unitaria de trasferencia (l/s/m)(RUT)
Descarga del R.H. a través de manantiales principales.							
Descarga del R.H. directamente a cauce. (río ganador)							
Descarga del R.H. a través de manantiales y difusa a cauce	064.30593.001			5,1		26	
	064.30593.002			4,32		22	
	064.30593.003			1,3		6	
	064.30593.004			9.28		46	
Recarga del R.H. de manera difusa por cauce (Río perdedor)							
Recarga del R.H. a través de sumideros							

Mapa de localización de Manantiales principales y sumideros



Mapa de localización de relación río acuífero (tramos ganadores y perdedores)



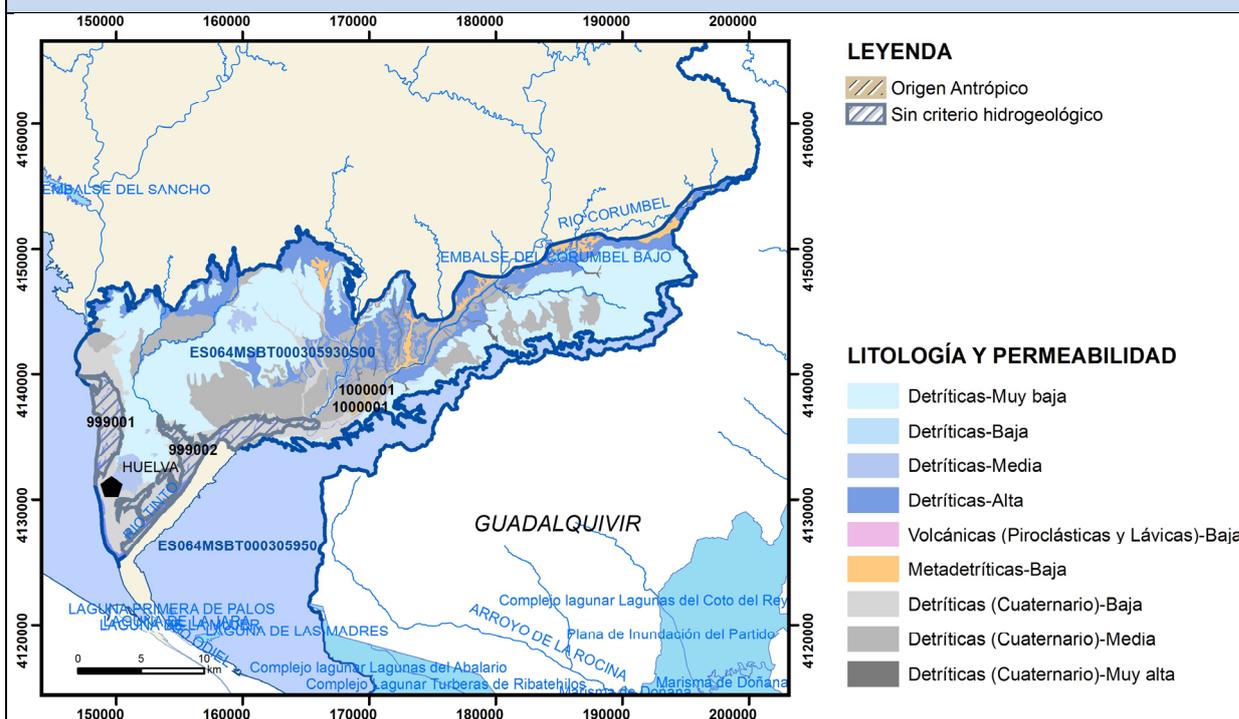
Hidrograma representativo de las descargas subterráneas (manantial o estación de aforos)

Nº de registro	X UTM (ETRS89)	Y UTM (ETRS89)	Cota (m s.n.m.)

CARACTERIZACIÓN HÍDRICA R.H. Relación humedal-acuífero

Característica	Valor medio	Intervalo
Volumen descargado por el R.H. a los humedales. (hm ³ /año)		
Volumen cedido por los humedales al R.H. (hm ³ /año)		
Cota de desagüe del humedal (m s. n. m.)		

Mapa de localización de los humedales con indicación de su relación hídrica



TRANSFERENCIAS LATERALES ENTRE RH'S

Códigos de los RH entre los que existe transferencia lateral	Longitud de contacto entre RHs (m) (<i>Lkl</i>)	% de la longitud con transfer. lateral	Distancia del centro del RH al borde (m) (<i>lkl</i>)	Volumen medio transferido (hm ³ /año)	
				Valor medio	Intervalo

TRANSFERENCIAS AL MAR

Distancia del centro del RH y el mar (m) (<i>lkl</i>)	Longitud del contacto entre el RH y el mar (m) (<i>Lkl</i>)	% de la longitud con transferen. lateral	Volumen medio transferido (hm ³ /año)	
			Valor medio	Intervalo

TRANSFERENCIA VERTICAL ENTRE RH's

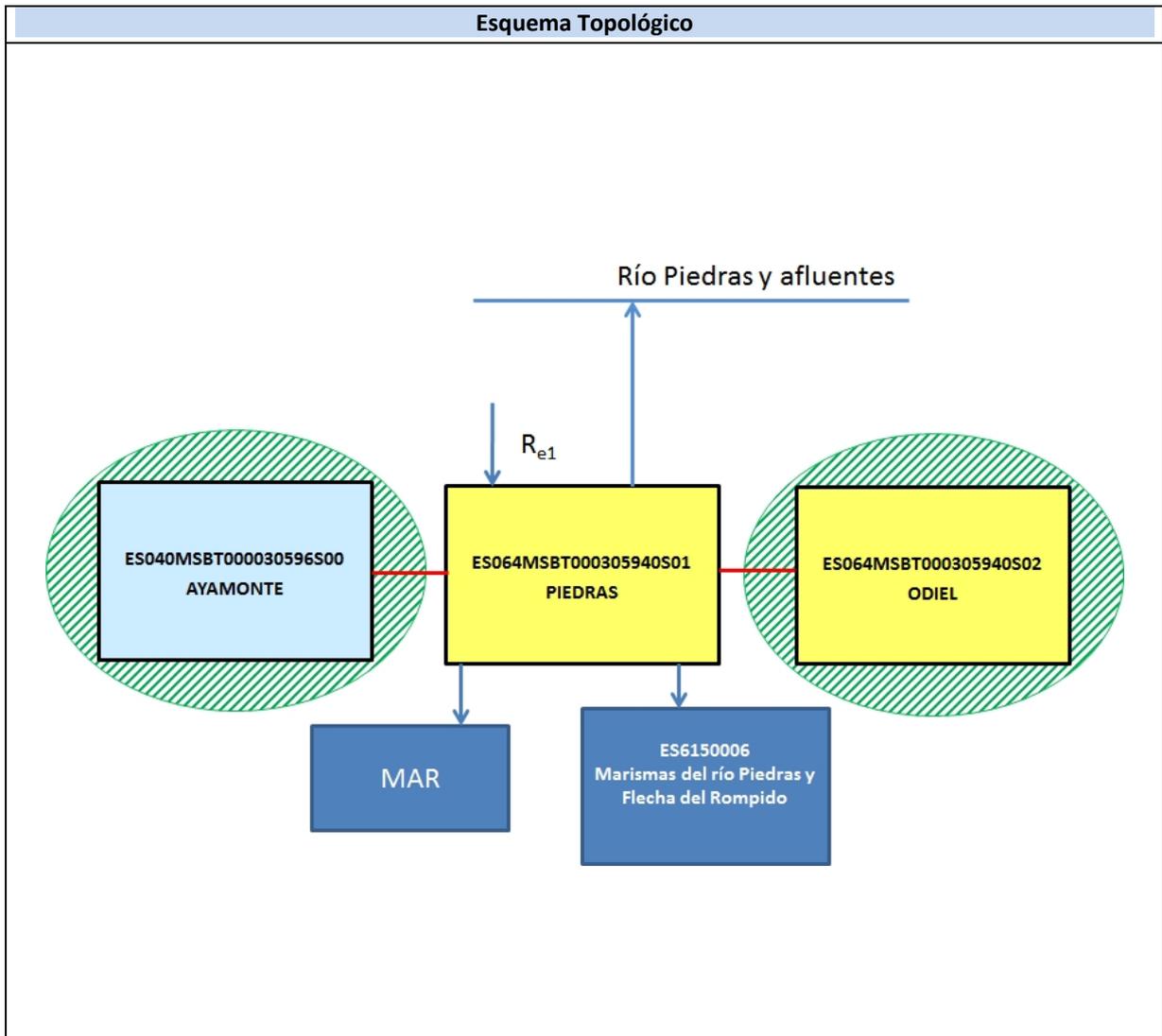
Código del RH con el que se encuentra conectado verticalmente	Espesor de la capa semipermeable existente entre el RH superior e inferior (m) (<i>ekp</i>)	Permeabilidad vertical de la capa semipermeable entre el RH superior e inferior (m/día) (<i>Kvkp</i>)	Superficie de paso entre el RH superior e inferior (km ²) (<i>Akp</i>)	Volumen medio transferido (hm ³ /año)	
				Valor medio	Intervalo

Observaciones

- Ver tomo I y II estudio Niebla-Posadas "ESTUDIO HIDROGEOLOGICO ACTUALIZADO DEL SISTEMA ACUIFERO 26 MIOCENO DE BASE".
- Se han identificado dos estaciones de aforos de las que no se han podido acceder a los datos. Se trata de la estación 4303 (Arroyo Candón) y la estación 4309 (Río Tinto).
- Con respecto a aforos, el Segundo ciclo de planificación hidrológica, empleando SIMPA, publica el Apéndice 2.2 "SERIE DE APORTACIONES EN LAS MASAS DE AGUA SUPERFICIALES TIPO RÍO". No se considera oportuno tomar estas aportaciones como reales porque han sido calculadas (no hay datos nuevos).
- En lo referente a Manantiales, en la BBDD del IGME-Sevilla aparece uno (104070019) que es un manantial situado en el Puente Romano de Niebla que abastecía a esta localidad en los años 70. Hay un dato de aforo de junio del 76 de 27,16 l/s.
- Coeficiente de agotamiento calculado a partir de la fórmula $\alpha = \pi^2 T / 4SL^2$ para $T=300$ m²/día; $S=0,025$ y $L=1.000$ m. Se ha tomado el valor de L de 1.000 metros al ser la distancia media de drenaje hacia los arroyos que discurren por su superficie. $\alpha = 0,03$
- Para cálculo de cota media piezométrica se toman los datos más antiguos de todo el recinto y se hace media. Si no hay datos antiguos se toman todos los datos y se hace media.
- Los humedales definidos en este recinto se corresponden con las Marismas del Tinto (999002), Marismas del Odiel (999001) y la Gravera de la Balastrera (1000001). La relación humedal existente entre el acuífero y las marismas del Tinto y Odiel han sido cuantificadas en la relación río-acuífero.

Bibliografía

- Instituto Geológico y Minero de España (1983). Estudio Hidrogeológico actualizado del sistema acuífero 26 Mioceno de Base-. Tramo Niebla-Posadas. Informe interno.
- Diputación Provincial de Huelva (1993). Atlas hidrogeológico de la Provincia de Huelva. 100 pág.
- Instituto Tecnológico Geominero de España, Consejería de Obras Públicas y Transportes y Consejería de Trabajo e Industria de la Junta de Andalucía (1998). Atlas hidrogeológico de Andalucía. 216 pág.
- Confederación Hidrográfica del Guadalquivir e Instituto Geológico y Minero de España (2004). Revisión y actualización de las normas de explotación de las Unidades Hidrogeológicas de las cuencas del Guadalquivir y Guadalete-Barbate. Propuesta de normativa y definición de nuevas Unidades Hidrogeológicas. Norma de explotación de la U.H. 05.51. Almonte-Marismas. Informe técnico.
- Consejería de Agricultura, Pesca y Medio Ambiente de la Junta de Andalucía. Plan Hidrológico del Tinto, Odiel y Piedras 2009-2015.
- Consejería de Medio Ambiente y Ordenación del Territorio de la Junta de Andalucía. Plan Hidrológico de la Demarcación Hidrográfica del Tinto, Odiel y Piedras 2015-2021.
- Consejería de Medio Ambiente y Ordenación del Territorio de la Junta de Andalucía (2015). Caracterización y evaluación de la ampliación de las masas de agua subterráneas Niebla y Lepe-Cartaya.



CARACTERÍSTICAS GEOMÉTRICAS R.H.			
Superficie Recinto Hidrogeológico (km ²) (A)	Materiales permeables		
	Tipo de permeabilidad	Porcentaje	Total km ²
Permeable	Ia		
	Ib		
	IIa		
	IIb	79,07	250,09
	IIIa	12,61	39,89
		Total permeable:	289,98
Impermeable	IIIb	5,74	18,16
		Total RH:	316,16

CARACTERÍSTICAS HIDRODINÁMICAS R.H.

Parámetro	Valor representativo	Intervalo
Transmisividad (m ² /día) (T)	150	120-4000
Permeabilidad horizontal (m/día) (K)		
Coeficiente de almacenamiento	Ac. Libre (S)	0,001
	Ac. Confinado (S')	
Coeficiente de descarga del acuífero (días ⁻¹) (α)	0,04	
Tiempo de semivaciado (días) ($t_{1/2} = (\ln 2) / \alpha$)	17	

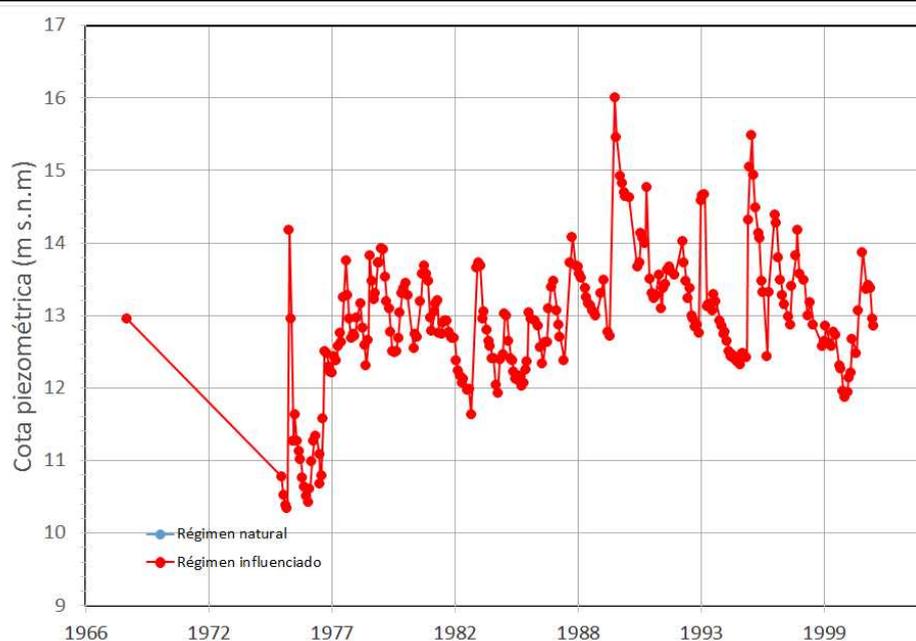
CARACTERIZACIÓN PIEZOMÉTRICA R.H.

Característica	Valor	Fecha o periodo
Nivel piezométrico medio estimado en régimen natural (m s.n.m.) (NP₀)	40,9	1967-1969
Gradiente medio	0,005	
Cota media del techo del R.H (m s.n.m.) (Ztecho)	63	
Cota media del muro del R.H (m s.n.m.) (Zmuro)	-27	
Cota umbral de conexión del R.H. (ms.n.m.) (Zumb)	0	

Piezómetro representativo

Nº de registro	X UTM (ETRS89)	Y UTM (ETRS89)	Cota (m s.n.m.)
84140004	128522	4135167	18,97

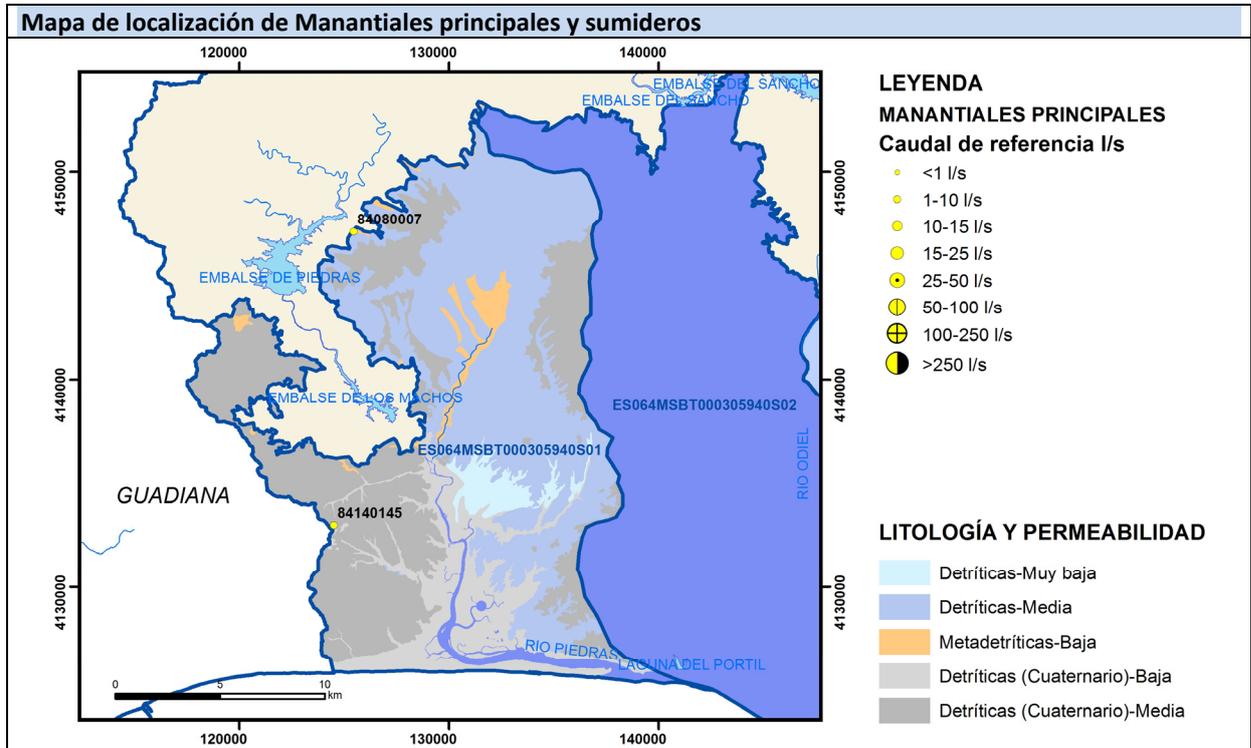
Gráfico piezómetro representativo (localización sobre el mapa hidrogeológico)



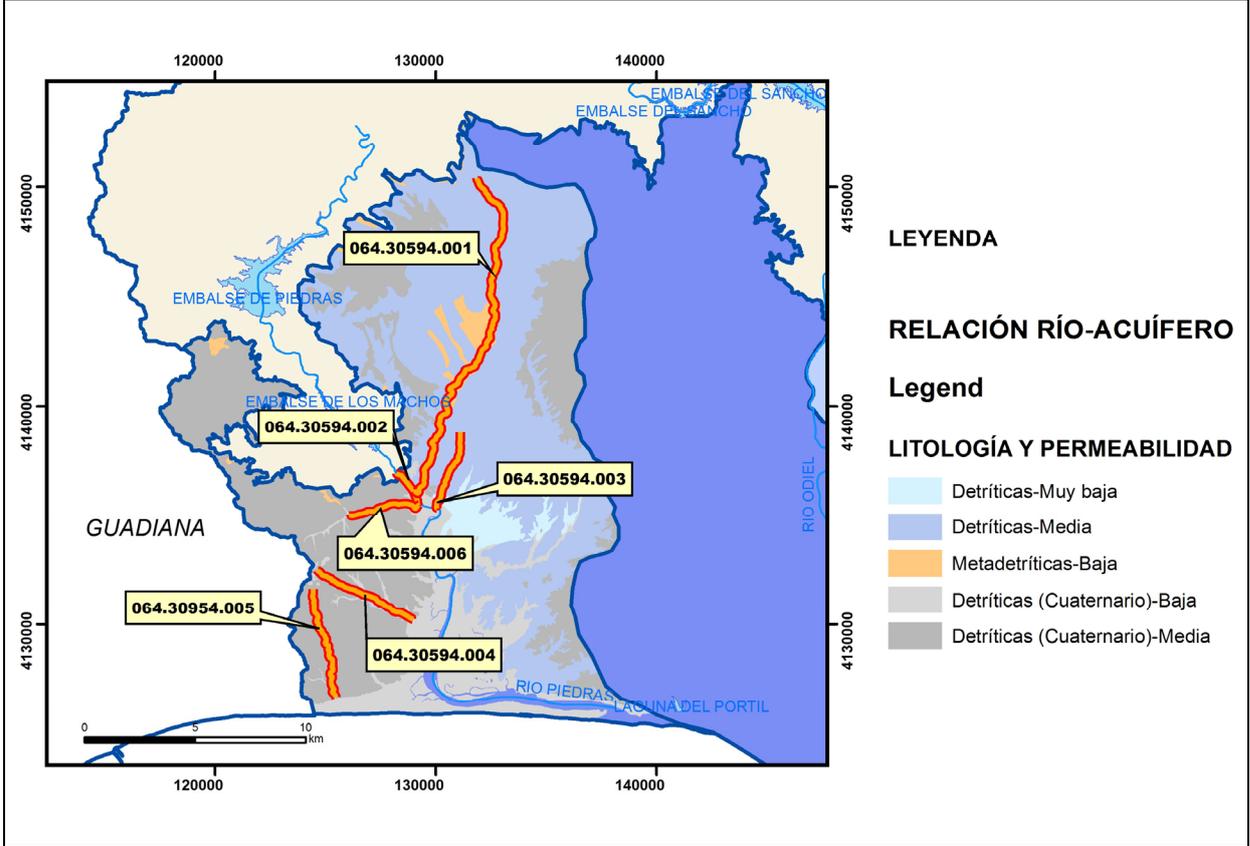
CARACTERIZACIÓN HÍDRICA R.H.

Relación río-acuífero

Forma de recarga o descarga	Código manantial principal o tramo	Cota (m) (Zc)	Coef α del manantial (días ⁻¹) (α_m)	Caudal medio (hm ³ /año) (Q_m)	Intervalo (hm ³ /año)	Coef. de reparto % (coefReparto)	Relación unitaria de trasferencia (l/s/m)(RUT)
Descarga del R.H. a través de manantiales principales.							
Descarga del R.H. directamente a cauce. (río ganador)							
Descarga del R.H. a través de manantiales y difusa a cauce	064.30954.001					46	
	064.30954.002					5	
	064.30954.003					12	
	064.30954.004					13	
	064.30954.005					15	
	064.30954.006					9	
Recarga del R.H. de manera difusa por cauce (Río perdedor)							
Recarga del R.H. a través de sumideros							



Mapa de localización de relación río acuífero (tramos ganadores y perdedores)



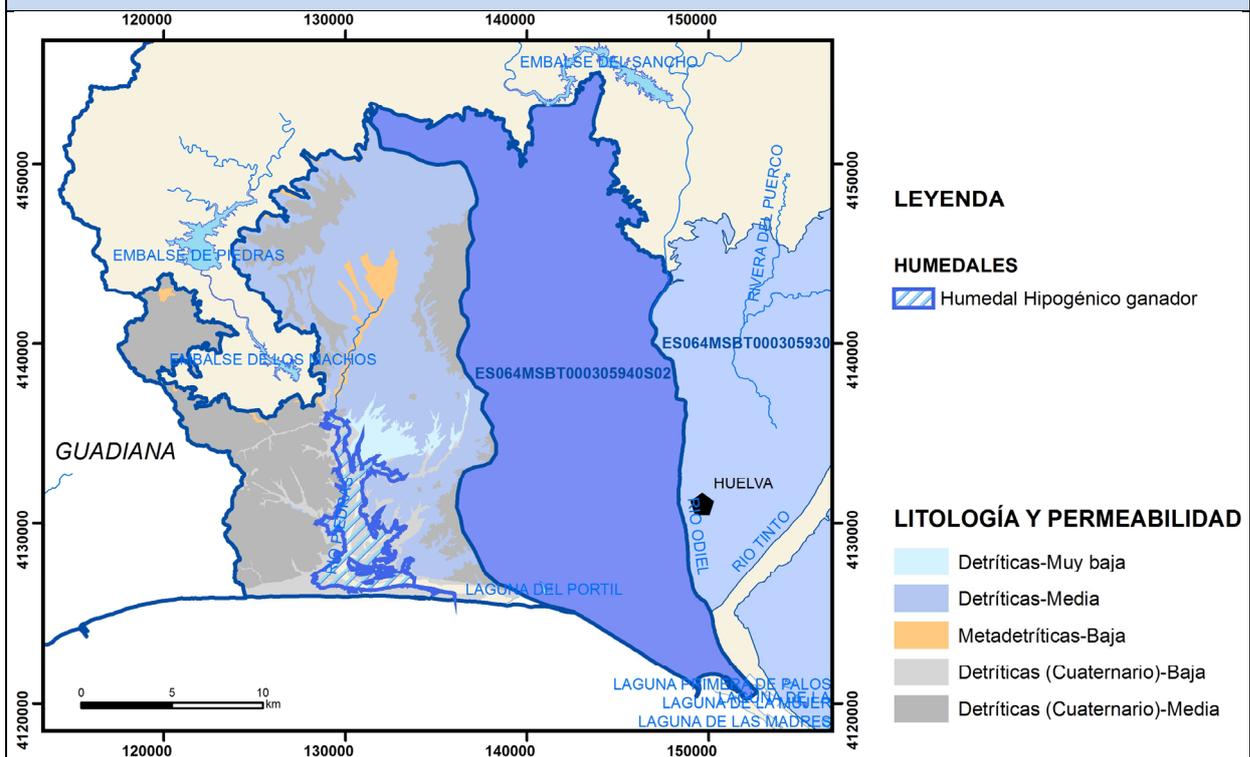
Hidrograma representativo de las descargas subterráneas (manantial o estación de aforos)

Nº de registro	X UTM (ETRS89)	Y UTM (ETRS89)	Cota (m s.n.m.)

CARACTERIZACIÓN HÍDRICA R.H. Relación humedal-acuífero

Característica	Valor medio	Intervalo
Volumen descargado por el R.H. a los humedales. (hm ³ /año)	1,4	
Volumen cedido por los humedales al R.H. (hm ³ /año)		
Cota de desagüe del humedal (m s. n. m.)	0	

Mapa de localización de los humedales con indicación de su relación hídrica



TRANSFERENCIAS LATERALES ENTRE RH'S

Códigos de los RH entre los que existe transferencia lateral	Longitud de contacto entre RHs (m) (<i>Lkl</i>)	% de la longitud con transfer. lateral	Distancia del centro del RH al borde (m) (<i>lkl</i>)	Volumen medio transferido (hm ³ /año)	
				Valor medio	Intervalo

TRANSFERENCIAS AL MAR

Distancia del centro del RH y el mar (m) (<i>lkl</i>)	Longitud del contacto entre el RH y el mar (m) (<i>Lkl</i>)	% de la longitud con transferen. lateral	Volumen medio transferido (hm ³ /año)	
			Valor medio	Intervalo
11955,63	16607,02	90	2,6	

TRANSFERENCIA VERTICAL ENTRE RH'S

Código del RH con el que se encuentra conectado verticalmente	Espesor de la capa semipermeable existente entre el RH superior e inferior (m) (<i>ekp</i>)	Permeabilidad vertical de la capa semipermeable entre el RH superior e inferior (m/día) (<i>Kvkp</i>)	Superficie de paso entre el RH superior e inferior (km ²) (<i>Akp</i>)	Volumen medio transferido (hm ³ /año)	
				Valor medio	Intervalo

Observaciones

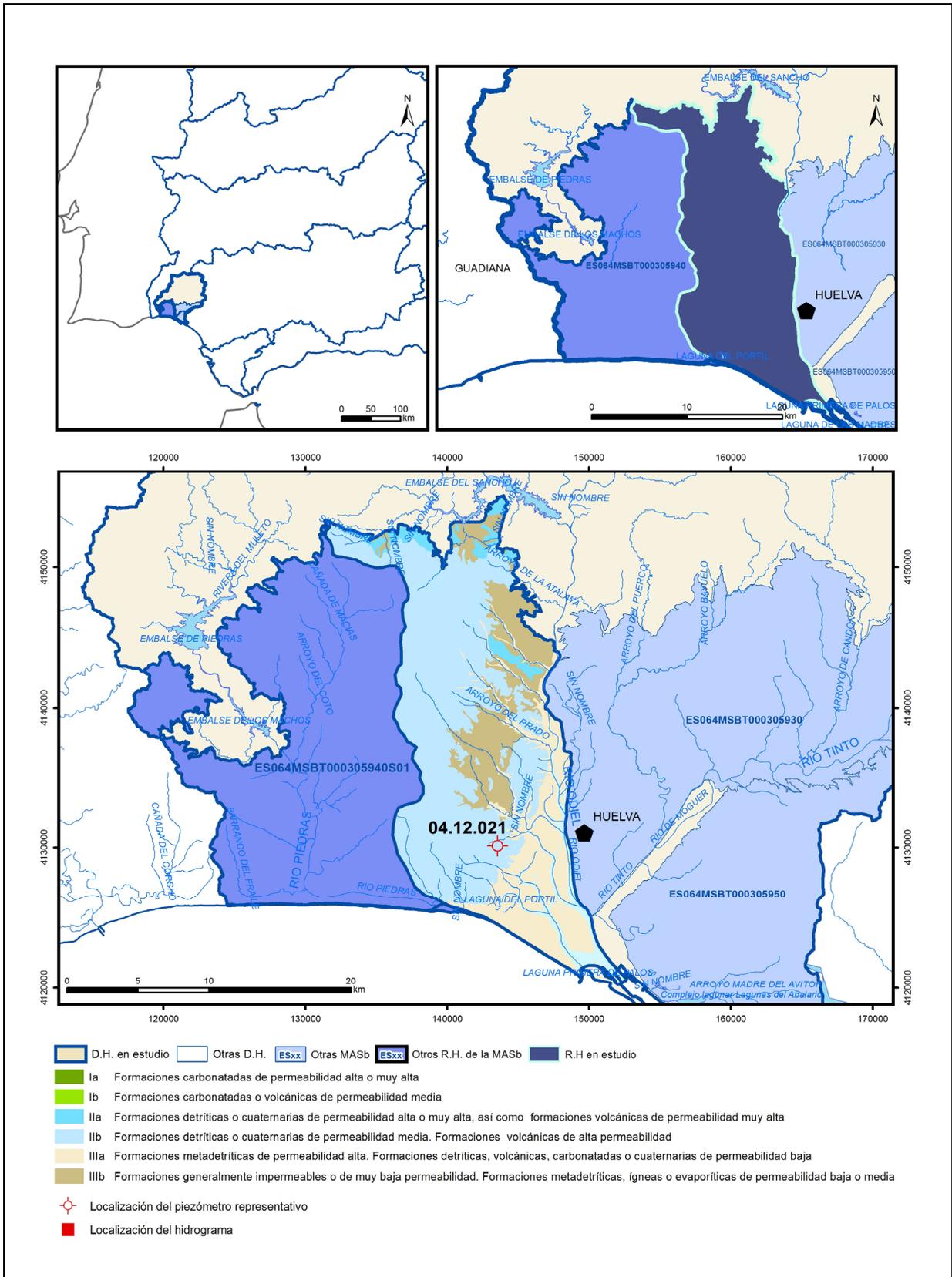
- Esquema topológico: Este recinto está en contacto con el RH Ayamonte y con el RH Odiel (estos tres recintos vienen a formar el acuífero denominado “pliocuaternario de Huelva”. No se consideran transferencias laterales con el primero al estar dividido uno del otro por la divisoria hidrológica que coincide, en condiciones naturales, con la hidrogeológica. Con respecto a las posibles transferencias entre el RH Piedras con RH Odiel hay que señalar que sólo se producen a través de la formación confinada Mioceno de Base que no juega un papel relevante ya que las únicas salidas se producen hacia el mar. Por lo tanto, en vez de suponer una transferencia hacia el RH Odiel se asume una salida al mar desde la parte confinada del Mioceno de Base del RH Piedras.
- Coeficiente de agotamiento calculado a partir de la fórmula $\alpha = \pi^2 T / 4SL^2$ para $T=150 \text{ m}^2/\text{día}$; $S=0,001$ y $L=3.000 \text{ m}$. Se ha tomado el valor de L de 3.000 metros al ser la distancia media de drenaje hacia los arroyos que discurren por su superficie. $\alpha = 0,04$.
- Los parámetros hidráulicos se han extraído del documento CARACTERIZACIÓN Y EVALUACIÓN DE LA AMPLIACIÓN DE LAS MASAS DE AGUA SUBTERRÁNEA NIEBLA Y LEPE – CARTAYA. De este mismo documento se han extraído los datos de entradas de agua a la MASb. Estas entradas se estiman en unos 40 hm³/año. Las suma de las salidas a ríos y mar se estiman en unos 20 hm³/año. Según el Atlas hidrogeológico de Andalucía un 26 % de estas salidas se dirige al mar. Así, se han estimado para este recinto unas salidas de 6 hm³/año hacia ríos, 1,4 hm³/año hacia humedales y 2,6 hm³/año hacia el mar.
- La cota media del muro se ha estimado suponiendo una potencia media del acuífero superficial de unos 100 metros. 100-63= - 27m.
- Para cálculo de cota media piezométrica se toman los datos más antiguos de todo el recinto y se hace media. Si no hay datos antiguos se toman todos los datos y se hace media. Se ha calculado la media de las cotas piezométricas de las campañas de piezometría de los años 67 a 69.

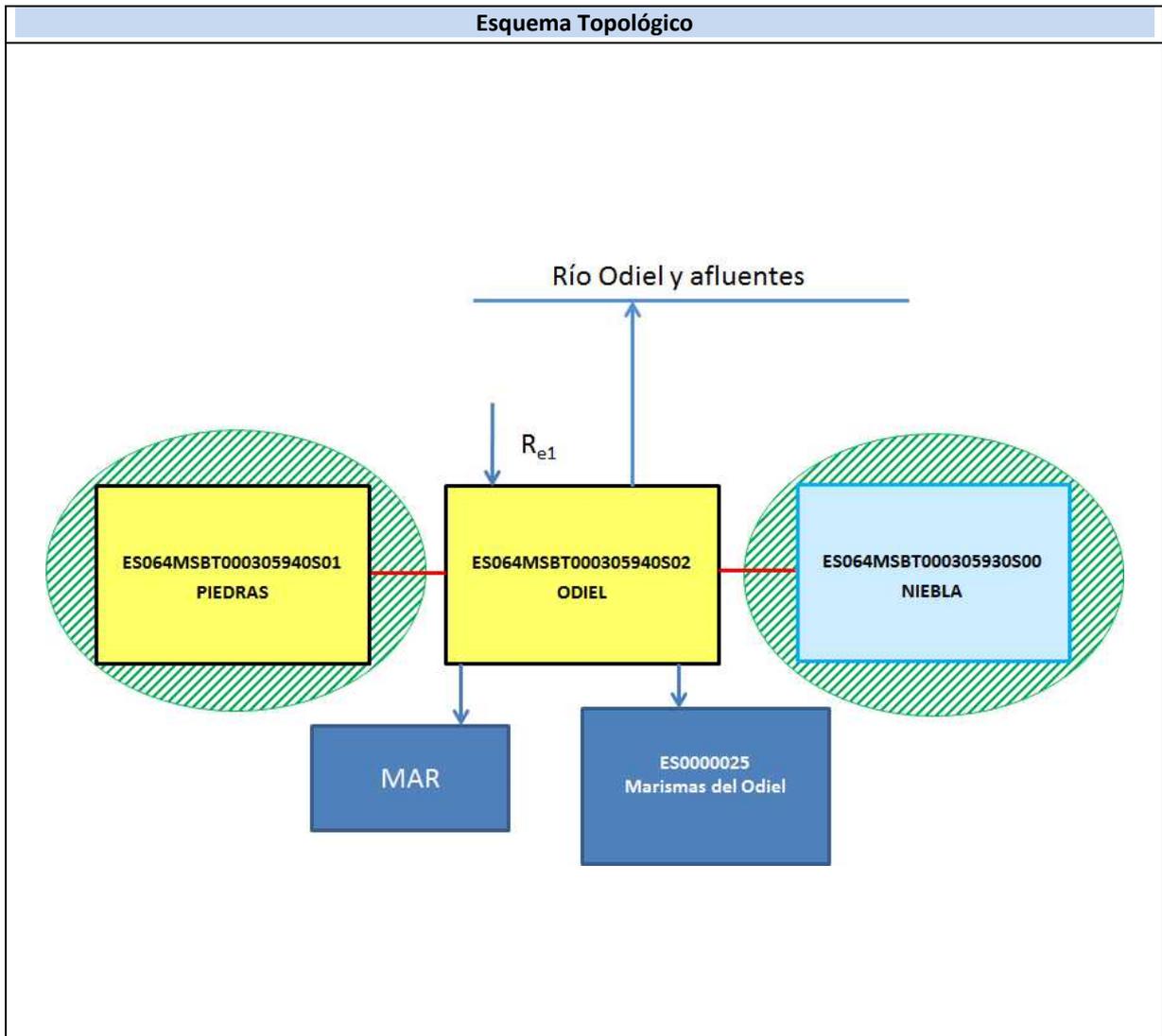
Bibliografía

- Instituto Geológico y Minero de España (1983). Estudio Hidrogeológico actualizado del sistema acuífero 26 Mioceno de Base-. Tramo Niebla-Posadas. Informe interno.
- Diputación Provincial de Huelva (1993). Atlas hidrogeológico de la Provincia de Huelva. 100 pág.
- Instituto Tecnológico Geominero de España, Consejería de Obras Públicas y Transportes y Consejería de Trabajo e Industria de la Junta de Andalucía (1998). Atlas hidrogeológico de Andalucía. 216 pág.
- Confederación Hidrográfica del Guadalquivir e Instituto Geológico y Minero de España (2004). Revisión y actualización de las normas de explotación de las Unidades Hidrogeológicas de las cuencas del Guadalquivir y Guadalete-Barbate. Propuesta de normativa y definición de nuevas Unidades Hidrogeológicas. Norma de explotación de la U.H. 05.51. Almonte-Marismas. Informe técnico.
- Consejería de Agricultura, Pesca y Medio Ambiente de la Junta de Andalucía. Plan Hidrológico del Tinto, Odiel y Piedras 2009-2015.
- Consejería de Medio Ambiente y Ordenación del Territorio de la Junta de Andalucía. Plan Hidrológico de la Demarcación Hidrográfica del Tinto, Odiel y Piedras 2015-2021.
- Consejería de Medio Ambiente y Ordenación del Territorio de la Junta de Andalucía (2015). Caracterización y evaluación de la ampliación de las masas de agua subterráneas Niebla y Lepe-Cartaya.

ES064MSBT000305940S02

Odiel





CARACTERÍSTICAS GEOMÉTRICAS R.H.			
Superficie Recinto Hidrogeológico (km ²) (A)	Materiales permeables		
	Tipo de permeabilidad	Porcentaje	Total km ²
Permeable	Ia		
	Ib		
	IIa	3,73	11,79
	IIb	54,65	172,77
	IIIa	20,11	63,56
		Total permeable:	248,12
Impermeable	IIIb	16,5	52,15
		Total RH:	316,26

CARACTERÍSTICAS HIDRODINÁMICAS R.H.

Parámetro	Valor representativo	Intervalo
Transmisividad (m ² /día) (T)	150	
Permeabilidad horizontal (m/día) (K)		
Coeficiente de almacenamiento	Ac. Libre (S)	0,001
	Ac. Confinado (S')	
Coeficiente de descarga del acuífero (días ⁻¹) (α)	0,04	
Tiempo de semivaciado (días) ($t_{1/2} = (\ln 2) / \alpha$)	17	

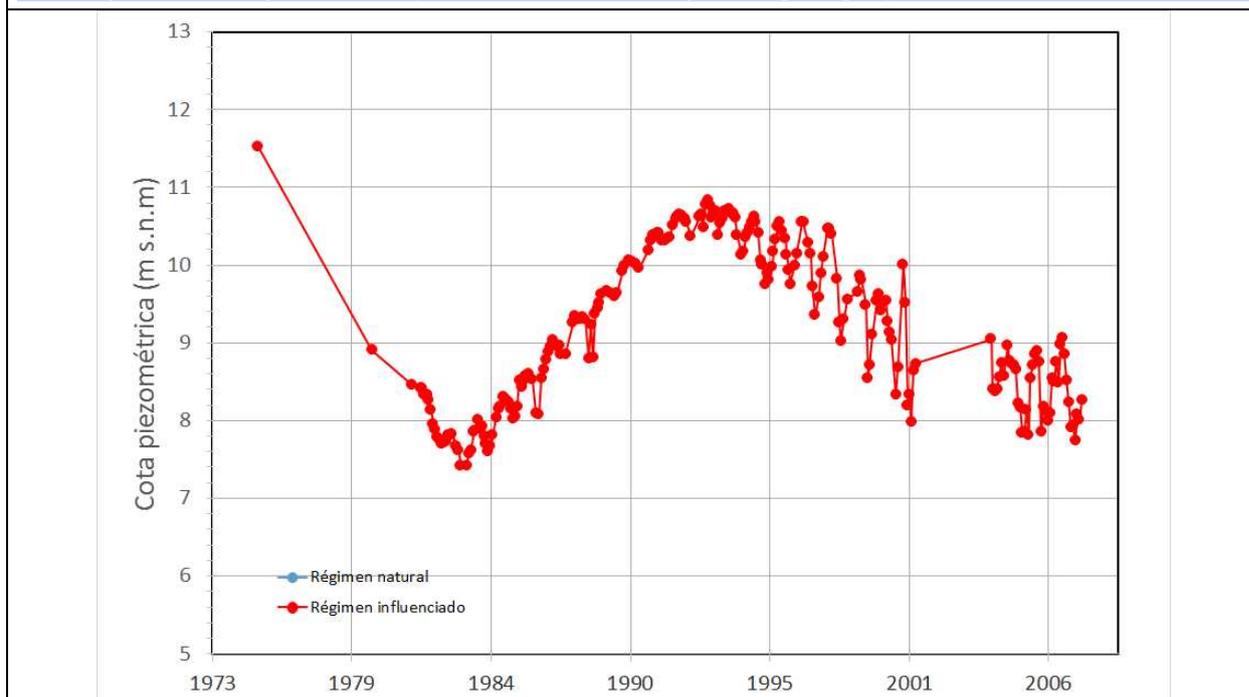
CARACTERIZACIÓN PIEZOMÉTRICA R.H.

Característica	Valor	Fecha o periodo
Nivel piezométrico medio estimado en régimen natural (m s.n.m.) (NP₀)	35	
Gradiente medio	0,005	
Cota media del techo del R.H (m s.n.m.) (Ztecho)	51	
Cota media del muro del R.H (m s.n.m.) (Zmuro)	-49	
Cota umbral de conexión del R.H. (ms.n.m.) (Zumb)	1	

Piezómetro representativo

Nº de registro	X UTM (ETRS89)	Y UTM (ETRS89)	Cota (m s.n.m.)
94160009	143304	4129828	14

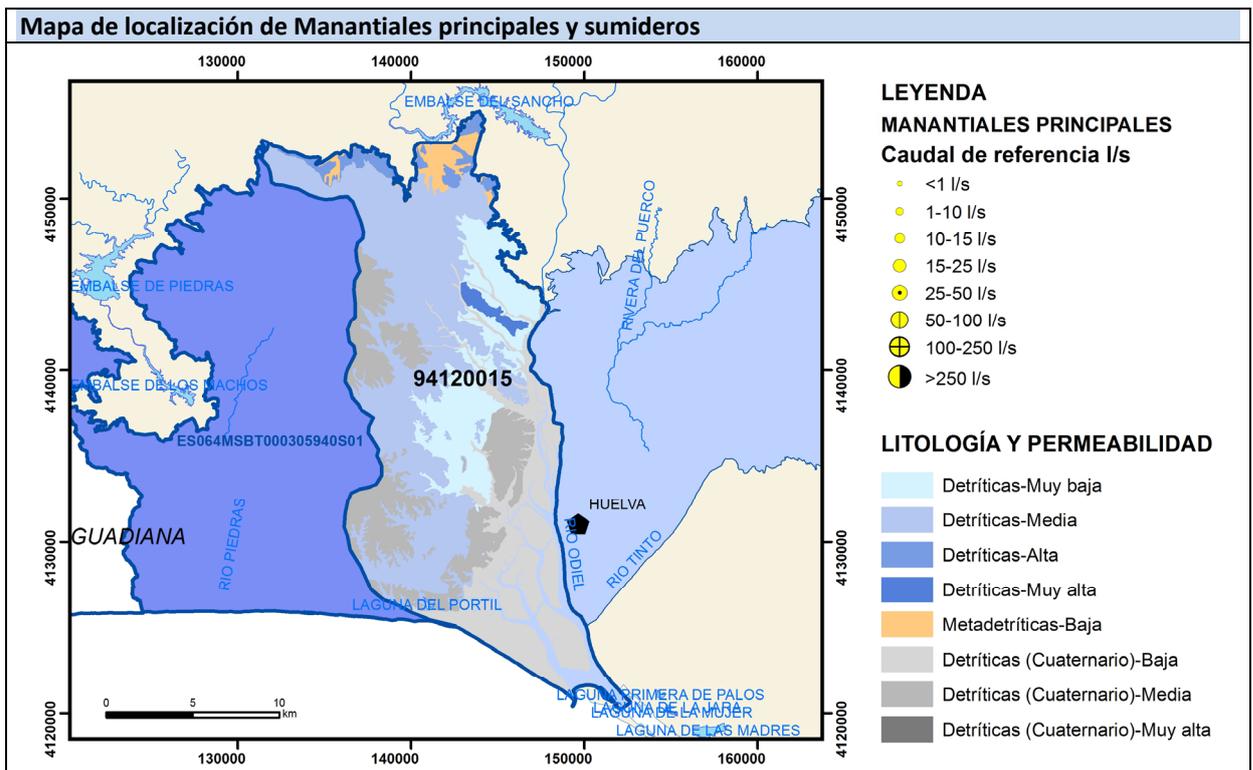
Gráfico piezómetro representativo (localización sobre el mapa hidrogeológico)



CARACTERIZACIÓN HÍDRICA R.H.

Relación río-acuífero

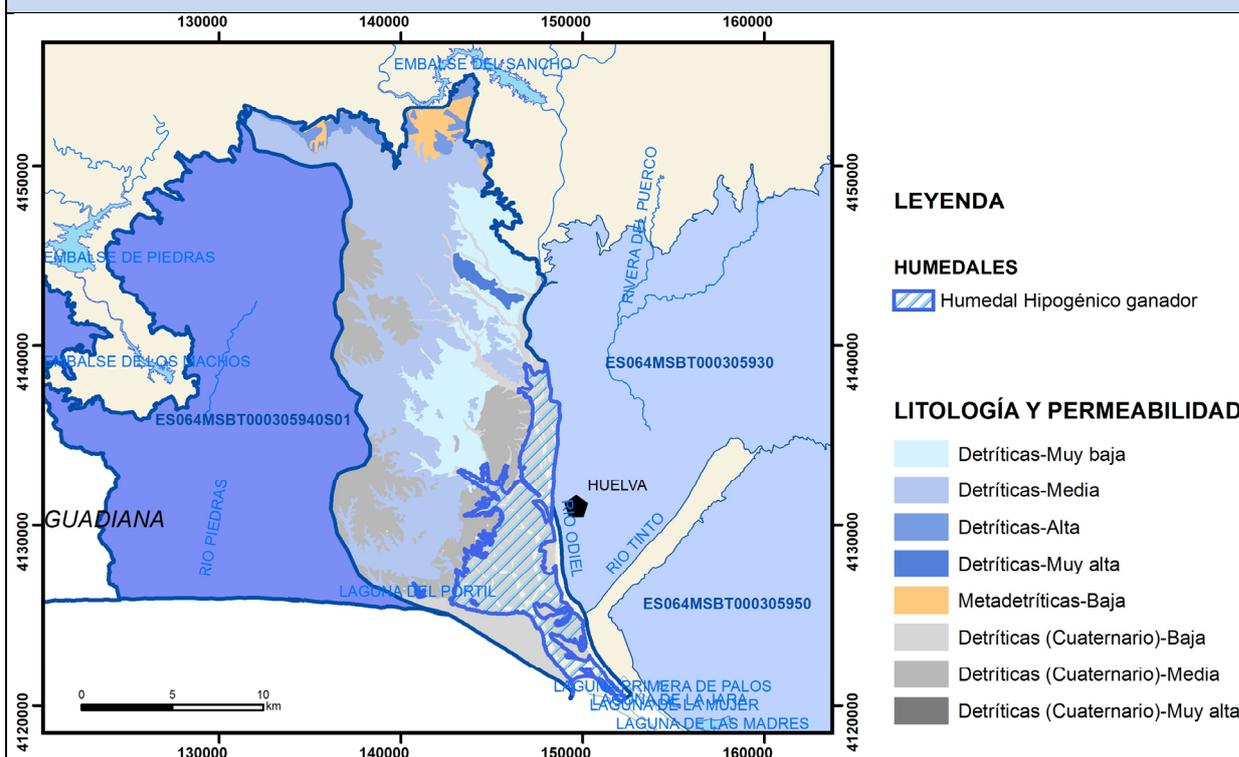
Forma de recarga o descarga	Código manantial principal o tramo	Cota (m) (Zc)	Coef α del manantial (días ⁻¹) (α_m)	Caudal medio (hm ³ /año) (Q_m)	Intervalo (hm ³ /año)	Coef. de reparto % (coefReparto)	Relación unitaria de trasferencia (l/s/m)(RUT)
Descarga del R.H. a través de manantiales principales.							
Descarga del R.H. directamente a cauce. (río ganador)							
Descarga del R.H. a través de manantiales y difusa a cauce	064.30593.003					15	
	064.30954.007					23	
	064.30954.008					16	
	064.30954.009					18	
	064.30954.010					28	
Recarga del R.H. de manera difusa por cauce (Río perdedor)							
Recarga del R.H. a través de sumideros							



CARACTERIZACIÓN HÍDRICA R.H. Relación humedal-acuífero

Característica	Valor medio	Intervalo
Volumen descargado por el R.H. a los humedales. (hm ³ /año)	1,4	
Volumen cedido por los humedales al R.H. (hm ³ /año)		
Cota de desagüe del humedal (m s. n. m.)	1	

Mapa de localización de los humedales con indicación de su relación hídrica



TRANSFERENCIAS LATERALES ENTRE RH'S

Códigos de los RH entre los que existe transferencia lateral	Longitud de contacto entre RHs (m) (<i>Lkl</i>)	% de la longitud con transfer. lateral	Distancia del centro del RH al borde (m) (<i>lkl</i>)	Volumen medio transferido (hm ³ /año)	
				Valor medio	Intervalo

TRANSFERENCIAS AL MAR

Distancia del centro del RH y el mar (m) (<i>lkl</i>)	Longitud del contacto entre el RH y el mar (m) (<i>Lkl</i>)	% de la longitud con transferen. lateral	Volumen medio transferido (hm ³ /año)	
			Valor medio	Intervalo
13486,48	15241,68	100	2,6	

TRANSFERENCIA VERTICAL ENTRE RH's

Código del RH con el que se encuentra conectado verticalmente	Espesor de la capa semipermeable existente entre el RH superior e inferior (m) (<i>ekp</i>)	Permeabilidad vertical de la capa semipermeable entre el RH superior e inferior (m/día) (<i>Kvkp</i>)	Superficie de paso entre el RH superior e inferior (km ²) (<i>Akp</i>)	Volumen medio transferido (hm ³ /año)	
				Valor medio	Intervalo

Observaciones

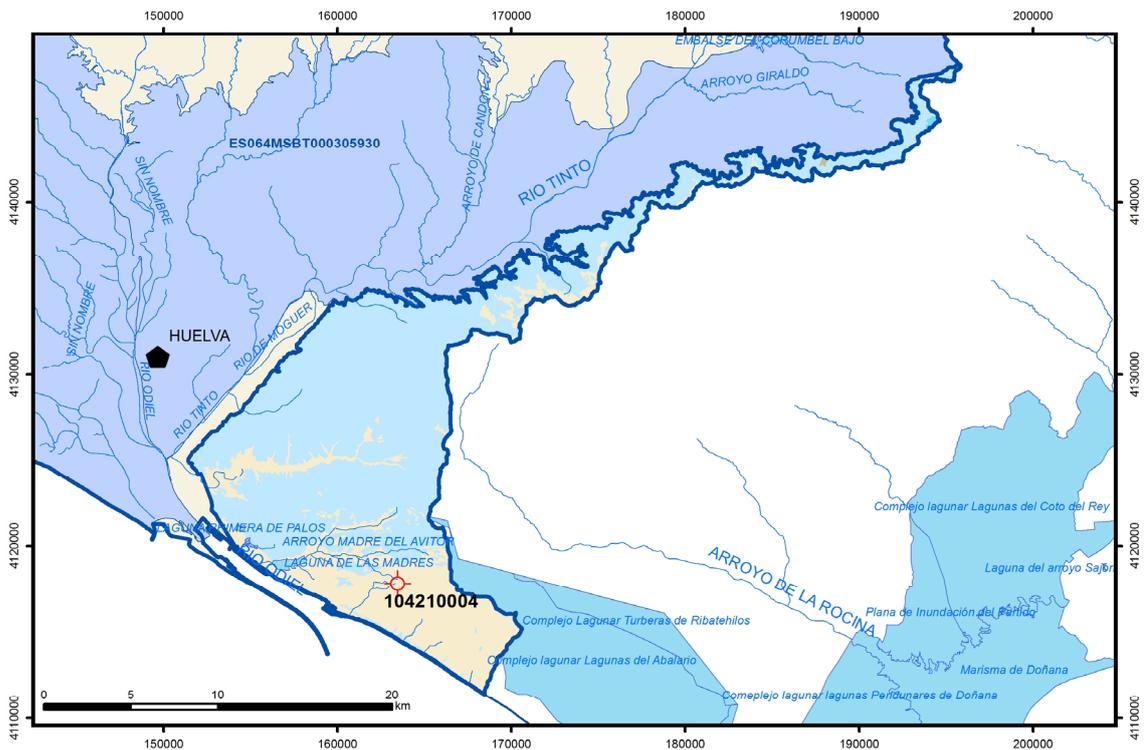
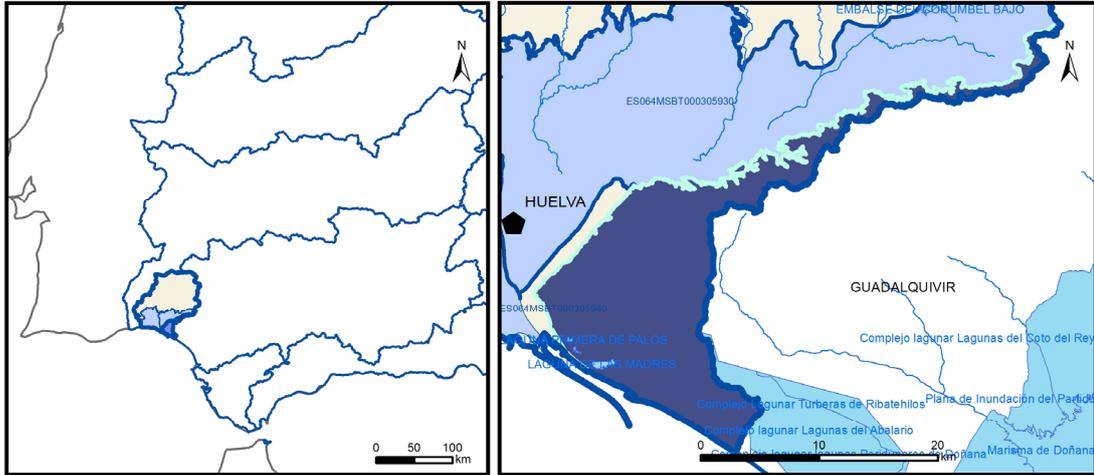
- Esquema topológico: Este recinto está en contacto con el RH Niebla y con el RH Piedras. No se consideran transferencias laterales con el primero al estar dividido uno del otro por la divisoria que constituye el mismo río Odiel. Con respecto a las posibles transferencias entre el RH Piedras con RH Odiel hay que señalar que sólo se producen a través de la formación confinada Mioceno de Base que no juega un papel relevante ya que las únicas salidas se producen hacia el mar.
- Coeficiente de agotamiento calculado a partir de la fórmula $\alpha = \pi^2 T / 4SL^2$ para $T=150 \text{ m}^2/\text{día}$; $S=0,001$ y $L=3.000 \text{ m}$. Se ha tomado el valor de L de 3.000 metros al ser la distancia media de drenaje hacia los arroyos que discurren por su superficie. $\alpha = 0,04$.
- Los parámetros hidráulicos se han extraído del documento CARACTERIZACIÓN Y EVALUACIÓN DE LA AMPLIACIÓN DE LAS MASAS DE AGUA SUBTERRÁNEA NIEBLA Y LEPE – CARTAYA. De este mismo documento se han extraído los datos de entradas de agua a la MASb. Estas entradas se estiman en unos 40 hm³/año. Las sumas de las salidas a ríos y mar se estiman en unos 20 hm³/año. Según el Atlas hidrogeológico de Andalucía un 26 % de estas salidas se dirige al mar. Así, se han estimado para este recinto unas salidas de 6 hm³/año hacia ríos, 1,4 hm³/año hacia humedales y 2,6 hm³/año hacia el mar.
- La cota media del muro se ha estimado suponiendo una potencia media del acuífero superficial de unos 100 metros. $100-51 = -49\text{m}$.
- La cota umbral de conexión del R.H se ha marcado en 1 m.s.n.m ya que va desde los 7 metros en un pequeño tramo al norte hasta los 0 metros de la zona de marisma que ocupa la mayor zona de descarga en la mitad sur.
- Para cálculo de cota media piezométrica se toman los datos más antiguos de todo el recinto y se hace media. Si no hay datos antiguos se toman todos los datos y se hace media.. Se ha calculado la media de las cotas piezométricas de las campañas de piezometría de los años 67 a 75.

Bibliografía

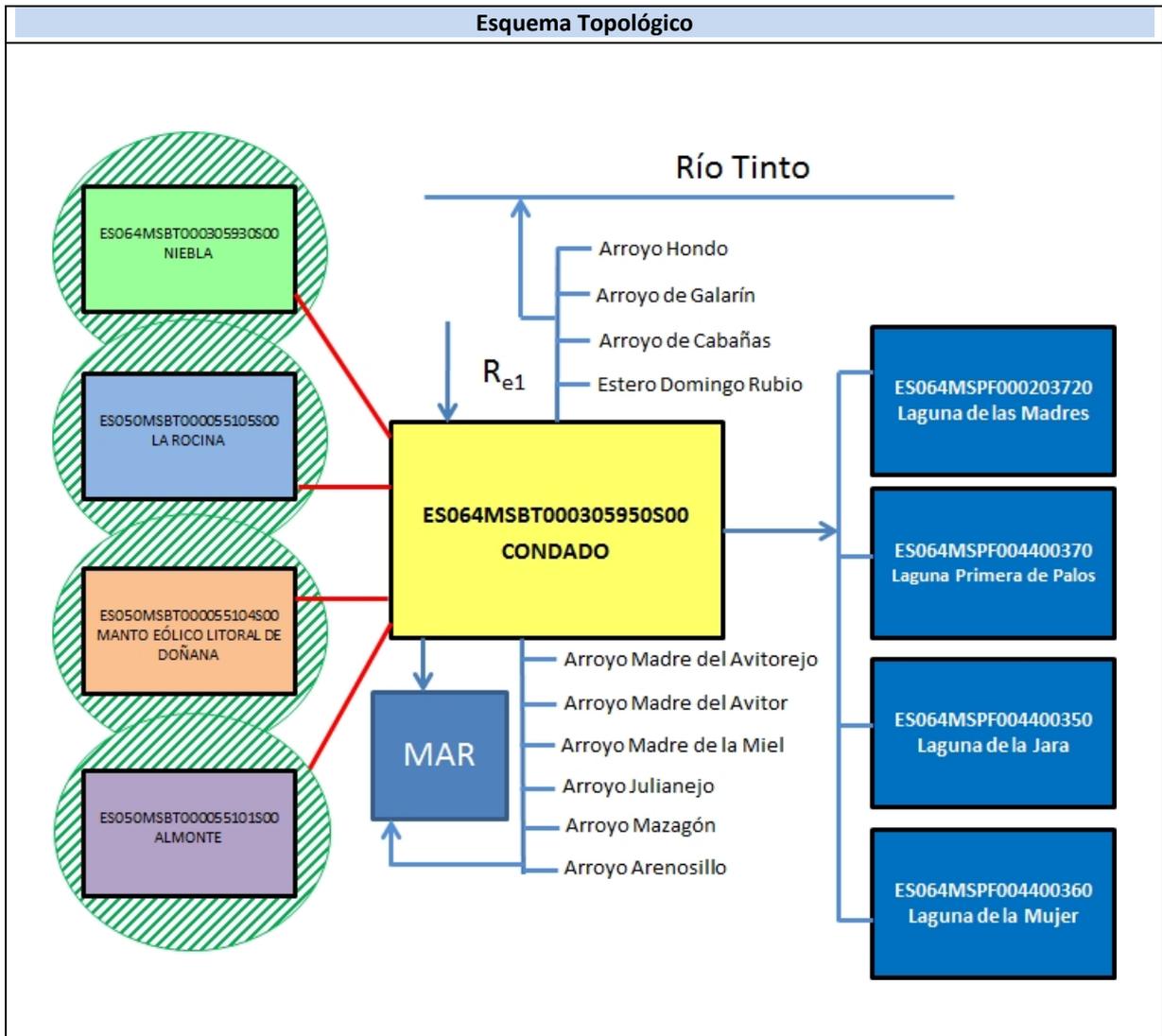
- Instituto Geológico y Minero de España (1983). Estudio Hidrogeológico actualizado del sistema acuífero 26 Mioceno de Base-. Tramo Niebla-Posadas. Informe interno.
- Diputación Provincial de Huelva (1993). Atlas hidrogeológico de la Provincia de Huelva. 100 pág.
- Instituto Tecnológico Geominero de España, Consejería de Obras Públicas y Transportes y Consejería de Trabajo e Industria de la Junta de Andalucía (1998). Atlas hidrogeológico de Andalucía. 216 pág.
- Confederación Hidrográfica del Guadalquivir e Instituto Geológico y Minero de España (2004). Revisión y actualización de las normas de explotación de las Unidades Hidrogeológicas de las cuencas del Guadalquivir y Guadalete-Barbate. Propuesta de normativa y definición de nuevas Unidades Hidrogeológicas. Norma de explotación de la U.H. 05.51. Almonte-Marismas. Informe técnico.
- Consejería de Agricultura, Pesca y Medio Ambiente de la Junta de Andalucía. Plan Hidrológico del Tinto, Odiel y Piedras 2009-2015.
- Consejería de Medio Ambiente y Ordenación del Territorio de la Junta de Andalucía. Plan Hidrológico de la Demarcación Hidrográfica del Tinto, Odiel y Piedras 2015-2021.
- Consejería de Medio Ambiente y Ordenación del Territorio de la Junta de Andalucía (2015). Caracterización y evaluación de la ampliación de las masas de agua subterráneas Niebla y Lepe-Cartaya.

ES064MSBT000305950S00

Condado



- | | | | | |
|---|--|---|---|---|
| D.H. en estudio | Otras D.H. | ESxx Otras MASb | Otros R.H. de la MASb | R.H. en estudio |
| Ia Formaciones carbonatadas de permeabilidad alta o muy alta | | | | |
| Ib Formaciones carbonatadas o volcánicas de permeabilidad media | | | | |
| IIa Formaciones detríticas o cuaternarias de permeabilidad alta o muy alta, así como formaciones volcánicas de permeabilidad muy alta | | | | |
| IIb Formaciones detríticas o cuaternarias de permeabilidad media. Formaciones volcánicas de alta permeabilidad | | | | |
| IIIa Formaciones metadetríticas de permeabilidad alta. Formaciones detríticas, volcánicas, carbonatadas o cuaternarias de permeabilidad baja | | | | |
| IIIb Formaciones generalmente impermeables o de muy baja permeabilidad. Formaciones metadetríticas, ígneas o evaporíticas de permeabilidad baja o media | | | | |
| Localización del piezómetro representativo | | | | |
| Localización del hidrograma | | | | |



CARACTERÍSTICAS GEOMÉTRICAS R.H.			
Superficie Recinto Hidrogeológico (km ²) (A)	Materiales permeables		
	Tipo de permeabilidad	Porcentaje	Total km ²
Permeable	Ia		
	Ib		
	IIa	0,14	0,4
	IIb	72,66	205,46
	IIIa	26,09	73,77
		Total permeable:	279,63
Impermeable	IIIb	0,28	0,81
		Total RH:	283,02

CARACTERÍSTICAS HIDRODINÁMICAS R.H.

Parámetro	Valor representativo	Intervalo
Transmisividad (m ² /día) (T)	864	200-1000
Permeabilidad horizontal (m/día) (K)		
Coeficiente de almacenamiento	Ac. Libre (S)	0,001
	Ac. Confinado (S')	
Coeficiente de descarga del acuífero (días ⁻¹) (α)	0,016	
Tiempo de semivaciado (días) ($t_{1/2} = (\ln 2) / \alpha$)	43	

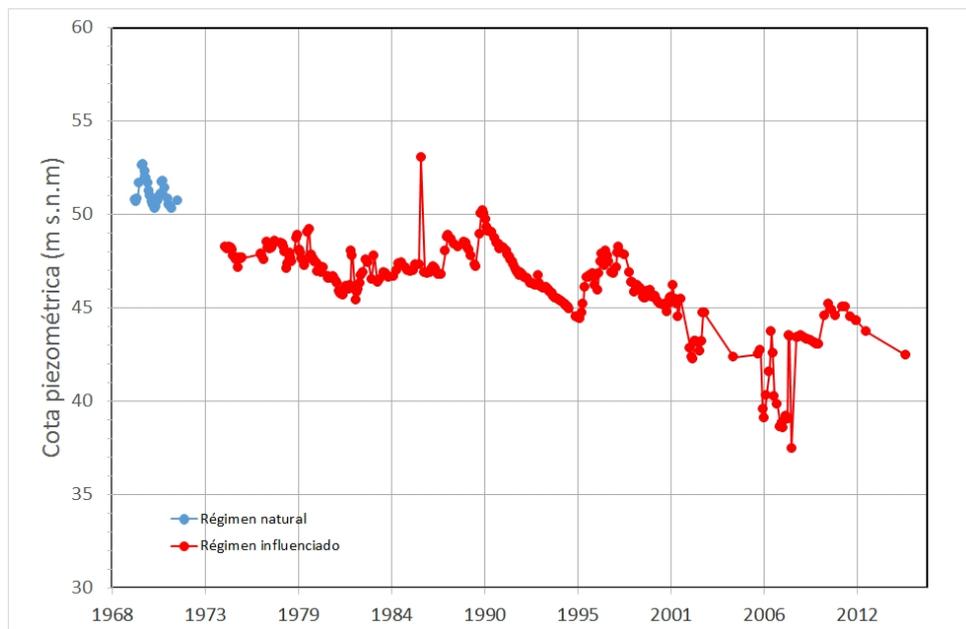
CARACTERIZACIÓN PIEZOMÉTRICA R.H.

Característica	Valor	Fecha o periodo
Nivel piezométrico medio estimado en régimen natural (m s.n.m.) (NP₀)	31,83	1966-1979
Gradiente medio	0,005	
Cota media del techo del R.H (m s.n.m.) (Ztecho)	59	
Cota media del muro del R.H (m s.n.m.) (Zmuro)	-28	
Cota umbral de conexión del R.H. (ms.n.m.) (Zumb)	0	

Piezómetro representativo

Nº de registro	X UTM (ETRS89)	Y UTM (ETRS89)	Cota (m s.n.m.)
104210004	163464	4117790	57,18

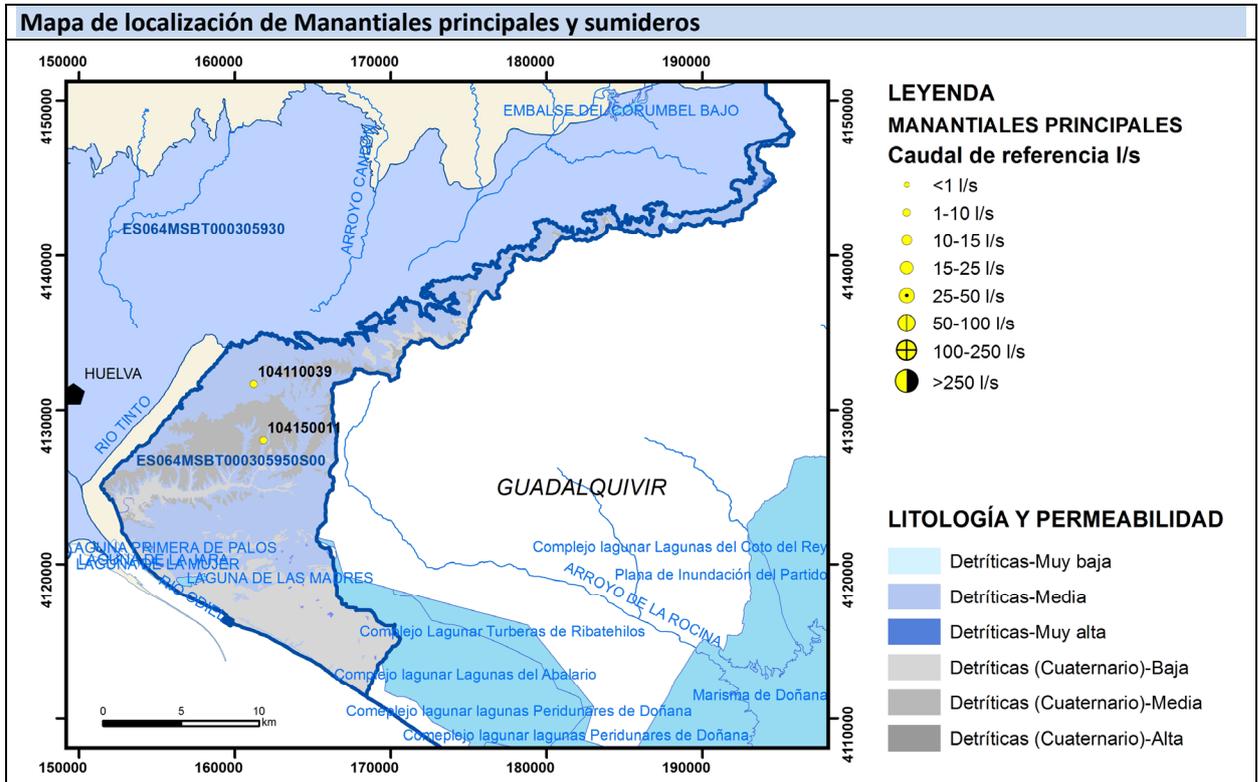
Gráfico piezómetro representativo (localización sobre el mapa hidrogeológico)



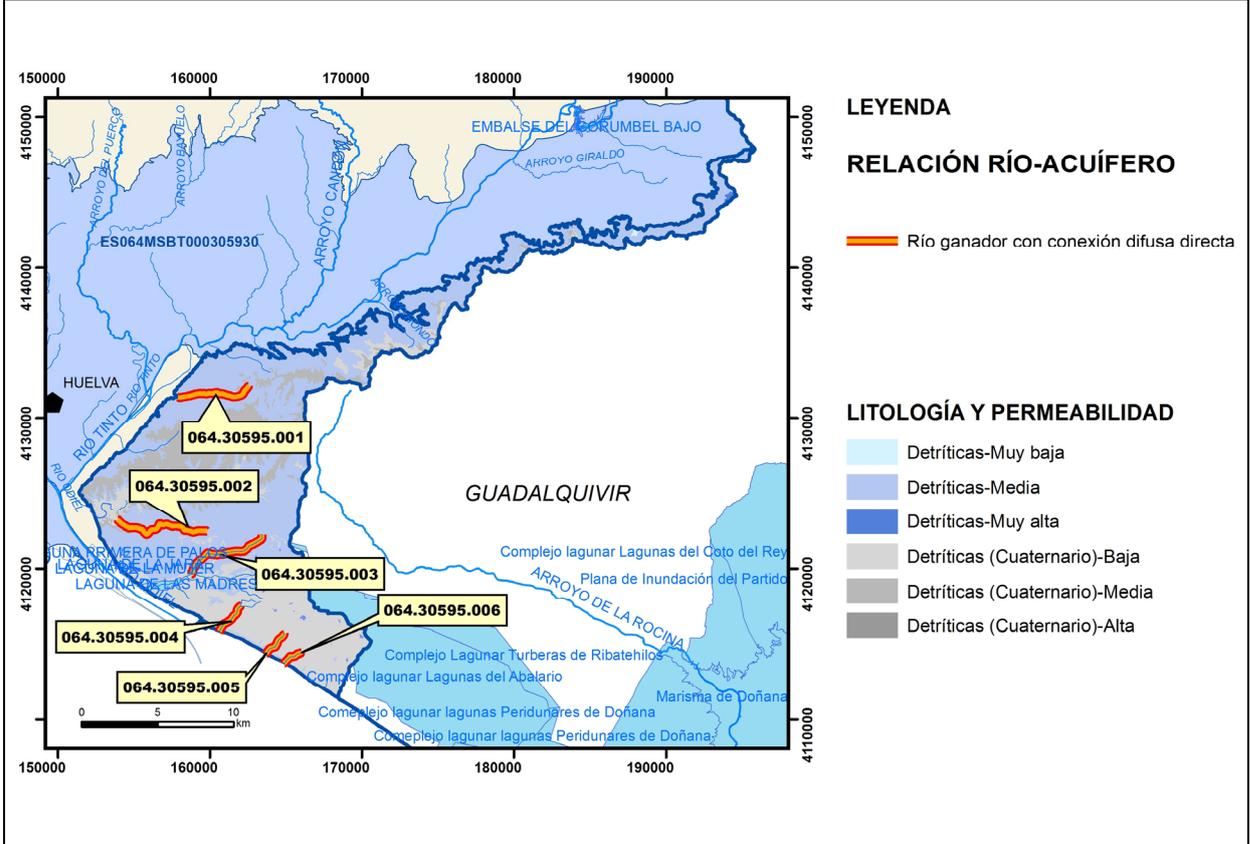
CARACTERIZACIÓN HÍDRICA R.H.

Relación río-acuífero

Forma de recarga o descarga	Código manantial principal o tramo	Cota (m) (Zc)	Coef α del manantial (días ⁻¹) (α _m)	Caudal medio (hm ³ /año) (Q _m)	Intervalo (hm ³ /año)	Coef. de reparto % (coefReparto)	Relación unitaria de trasferencia (l/s/m)(RUT)
Descarga del R.H. a través de manantiales principales.							
Descarga del R.H. directamente a cauce. (río ganador)							
Descarga del R.H. a través de manantiales y difusa a cauce	064.30595.001					22	
	064.30595.002					29	
	064.30595.003					25	
	064.30595.004					10	
	064.30595.005					8	
	064.30595.006					6	
Recarga del R.H. de manera difusa por cauce (Río perdedor)							
Recarga del R.H. a través de sumideros							



Mapa de localización de relación río acuífero (tramos ganadores y perdedores)



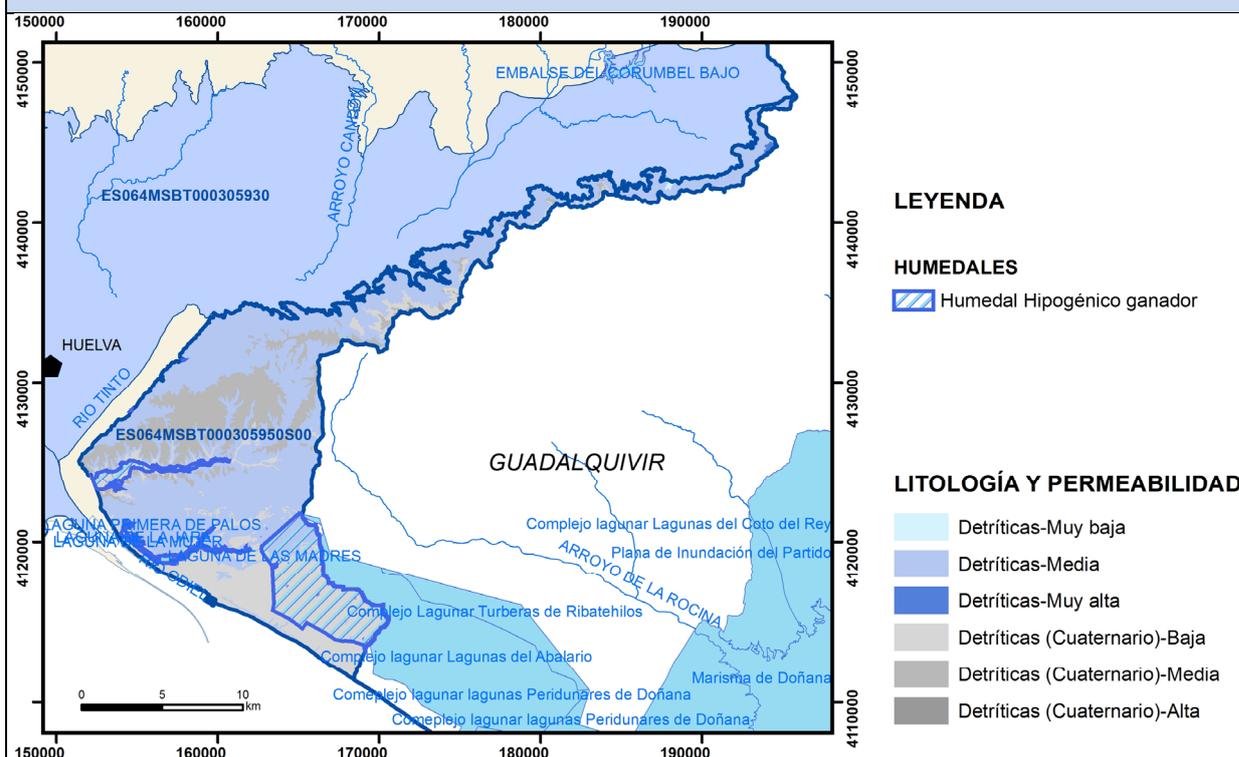
Hidrograma representativo de las descargas subterráneas (manantial o estación de aforos)

Nº de registro	X UTM (ETRS89)	Y UTM (ETRS89)	Cota (m s.n.m.)

CARACTERIZACIÓN HÍDRICA R.H. Relación humedal-acuífero

Característica	Valor medio	Intervalo
Volumen descargado por el R.H. a los humedales. (hm ³ /año)	7,85	
Volumen cedido por los humedales al R.H. (hm ³ /año)		
Cota de desagüe del humedal (m s. n. m.)	2	0-7

Mapa de localización de los humedales con indicación de su relación hídrica



TRANSFERENCIAS LATERALES ENTRE RH'S

Códigos de los RH entre los que existe transferencia lateral	Longitud de contacto entre RHs (m) (Lkl)	% de la longitud con transfer. lateral	Distancia del centro del RH al borde (m) (lkl)	Volumen medio transferido (hm ³ /año)	
				Valor medio	Intervalo

TRANSFERENCIAS AL MAR

Distancia del centro del RH y el mar (m) (lkl)	Longitud del contacto entre el RH y el mar (m) (LKL)	% de la longitud con transferen. lateral	Volumen medio transferido (hm ³ /año)	
			Valor medio	Intervalo
11633,97	19618,5	25	5,5	

TRANSFERENCIA VERTICAL ENTRE RH'S

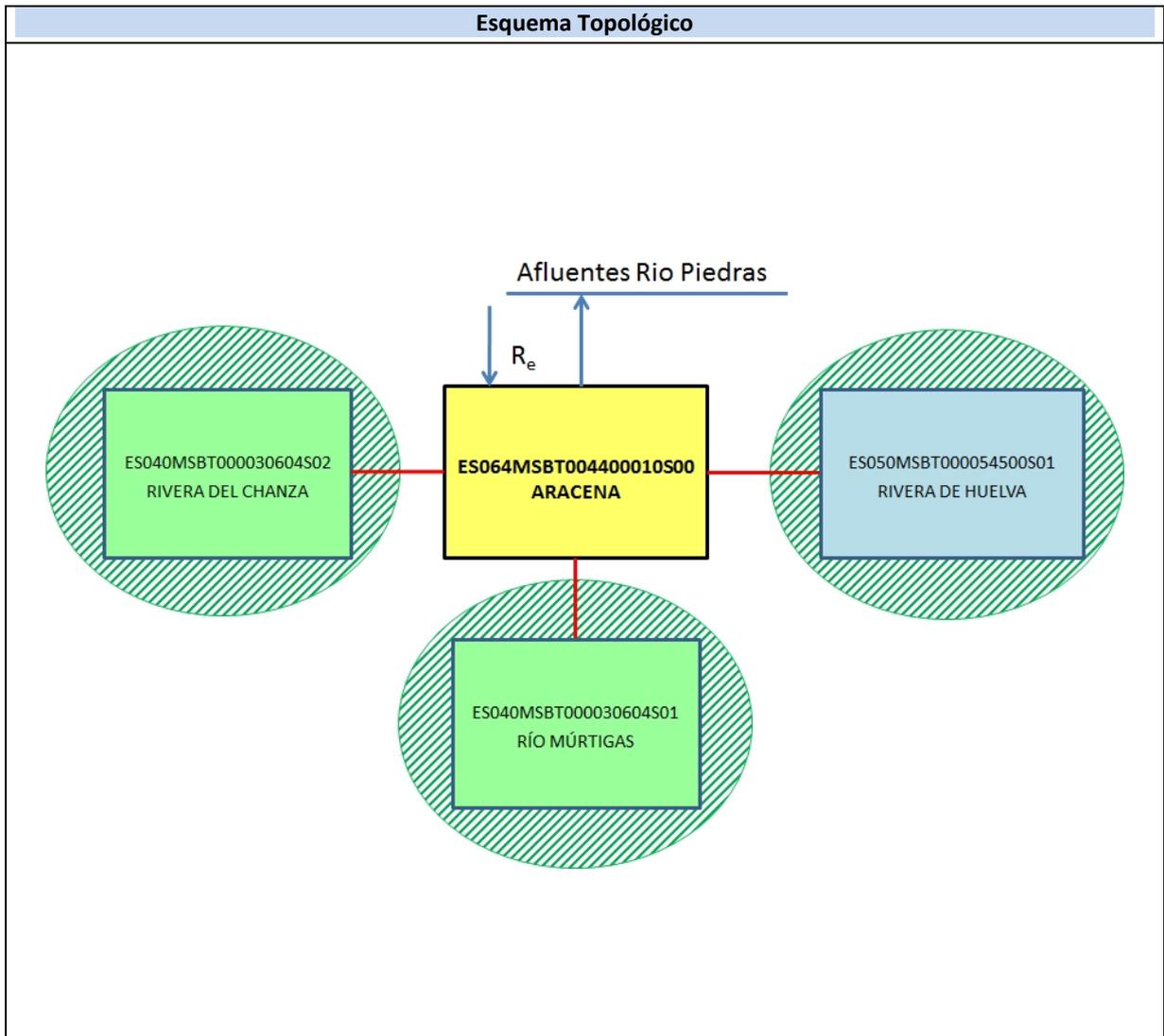
Código del RH con el que se encuentra conectado verticalmente	Espesor de la capa semipermeable existente entre el RH superior e inferior (m) (<i>ekp</i>)	Permeabilidad vertical de la capa semipermeable entre el RH superior e inferior (m/día) (<i>Kvkp</i>)	Superficie de paso entre el RH superior e inferior (km ²) (<i>Akp</i>)	Volumen medio transferido (hm ³ /año)	
				Valor medio	Intervalo

Observaciones

- En esquema topológico no se ha considerado ninguna relación entre recintos. El contacto con los recintos de Almonte, La Rocina y Manto Eólico Litoral de Doñana se realiza a través de la divisoria hidrológica que, en este caso, coincide en condiciones naturales con la divisoria hidrogeológica.
- Características hidrodinámicas extraídas del Apéndice 1 (PH TOP 2015-21)
- Coeficiente de agotamiento calculado a partir de la fórmula $\alpha = \pi^2 T / 4SL^2$ para $T=800 \text{ m}^2/\text{día}$; $S=0,001$ y $L=11.000 \text{ m}$. Se ha tomado el valor de L de 11.000 metros al ser la distancia desde el centro del recinto hasta el mar. $\alpha = 0,016$.
- El valor de transmisividad se ha tomado del atlas hidrogeológico de la provincia de Huelva (Zona Palos-Moguer $10-3 \text{ m}^2/\text{s} = 864 \text{ m}^2/\text{día}$)
- Cota media del muro se ha estimado en unos -28 m.s.n.m (=cota media techo de 59 menos espesor medio del acuífero pliocuaternario de unos 87 según fichas apéndice 1 = -28)
- Para cálculo de cota media piezométrica se toman los datos más antiguos de todo el recinto y se hace media. Si no hay datos antiguos se toman todos los datos y se hace media.
- Relación Humedales: Todos los humedales se consideran ganadores tipo A. La capa se corresponde con la shape de humedales de la REDIAM.
- De los Planes Hidrológicos se han extraído los datos de entradas de agua a la MASb. Estas entradas se estima en unos 21,2 hm³/año. La suma de las salidas a ríos, humedales y mar debe ser igual a esa cantidad. Según el Atlas hidrogeológico de Andalucía un 26 % de estas salidas se dirige al mar. El resto se ha estimado en un 50 % hacia ríos y otro 50% hacia humedales. Así, se han estimado para este recinto unas salidas de 7,85 hm³/año hacia ríos, 7,85 hm³/año hacia humedales y 5,5 hm³/año hacia el mar.

Bibliografía

- Diputación Provincial de Huelva (1993). Atlas hidrogeológico de la Provincia de Huelva. 100 pág.
- Instituto Tecnológico Geominero de España, Consejería de Obras Públicas y Transportes y Consejería de Trabajo e Industria de la Junta de Andalucía (1998). Atlas hidrogeológico de Andalucía. 216 pág.
- Confederación Hidrográfica del Guadalquivir e Instituto Geológico y Minero de España (2004). Revisión y actualización de las normas de explotación de las Unidades Hidrogeológicas de las cuencas del Guadalquivir y Guadalete-Barbate. Propuesta de normativa y definición de nuevas Unidades Hidrogeológicas. Norma de explotación de la U.H. 05.51. Almonte-Marismas. Informe técnico.
- Consejería de Agricultura, Pesca y Medio Ambiente de la Junta de Andalucía. Plan Hidrológico del Tinto, Odiel y Piedras 2009-2015.
- Consejería de Medio Ambiente y Ordenación del Territorio de la Junta de Andalucía. Plan Hidrológico de la Demarcación Hidrográfica del Tinto, Odiel y Piedras 2015-2021.



CARACTERÍSTICAS GEOMÉTRICAS R.H.			
Superficie Recinto Hidrogeológico (km ²) (A)	Materiales permeables		
	Tipo de permeabilidad	Porcentaje	Total km ²
Permeable	Ia	3,43	2,23
	Ib		
	IIa		
	IIb		
	IIIa	77,27	50,26
		Total permeable:	
Impermeable	IIIb	19,3	12,55
		Total RH:	65,04

CARACTERÍSTICAS HIDRODINÁMICAS R.H.

Parámetro	Valor representativo	Intervalo
Transmisividad (m ² /día) (T)	31	
Permeabilidad horizontal (m/día) (K)	0,5	0,1-1
Coeficiente de almacenamiento	Ac. Libre (S)	0,0001
	Ac. Confinado (S')	
Coeficiente de descarga del acuífero (días ⁻¹) (α)	0,013	
Tiempo de semivaciado (días) ($t_{1/2} = (\ln 2) / \alpha$)	53	

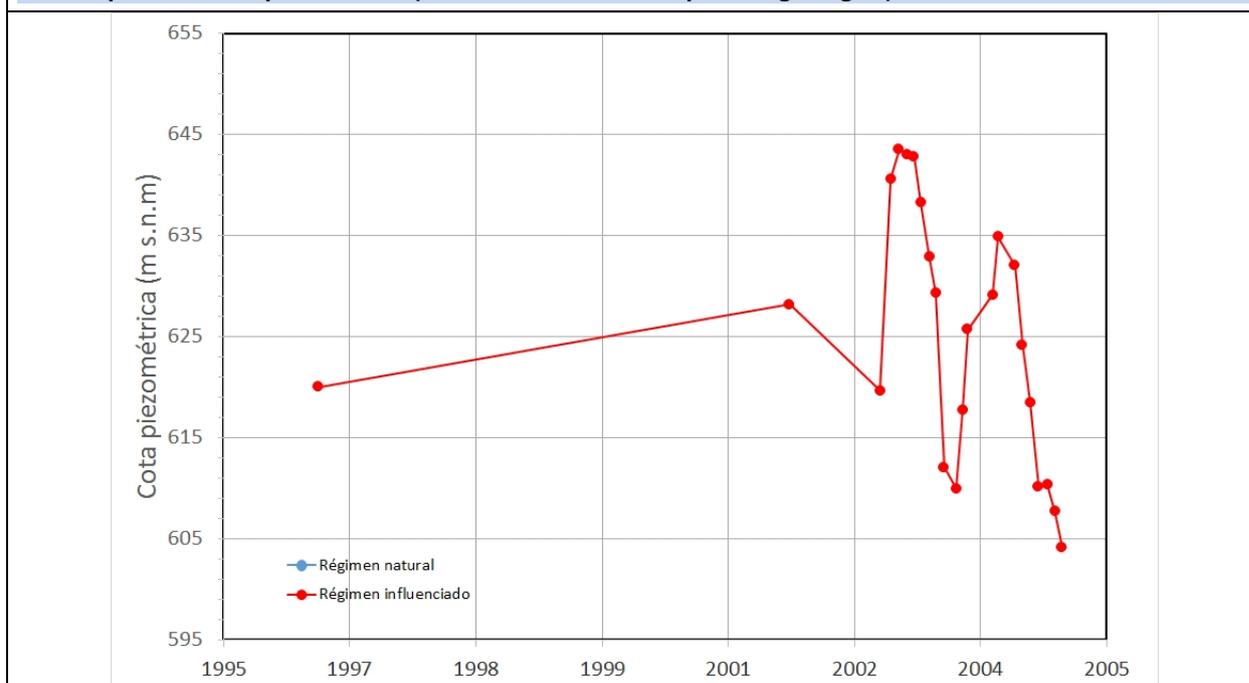
CARACTERIZACIÓN PIEZOMÉTRICA R.H.

Característica	Valor	Fecha o periodo
Nivel piezométrico medio estimado en régimen natural (m s.n.m.) (NP₀)	598	
Gradiente medio		
Cota media del techo del R.H (m s.n.m.) (Ztecho)	639	
Cota media del muro del R.H (m s.n.m.) (Zmuro)	-361	
Cota umbral de conexión del R.H. (ms.n.m.) (Zumb)	490	

Piezómetro representativo

Nº de registro	X UTM (ETRS89)	Y UTM (ETRS89)	Cota (m s.n.m.)
103770038	177943	4198785	650

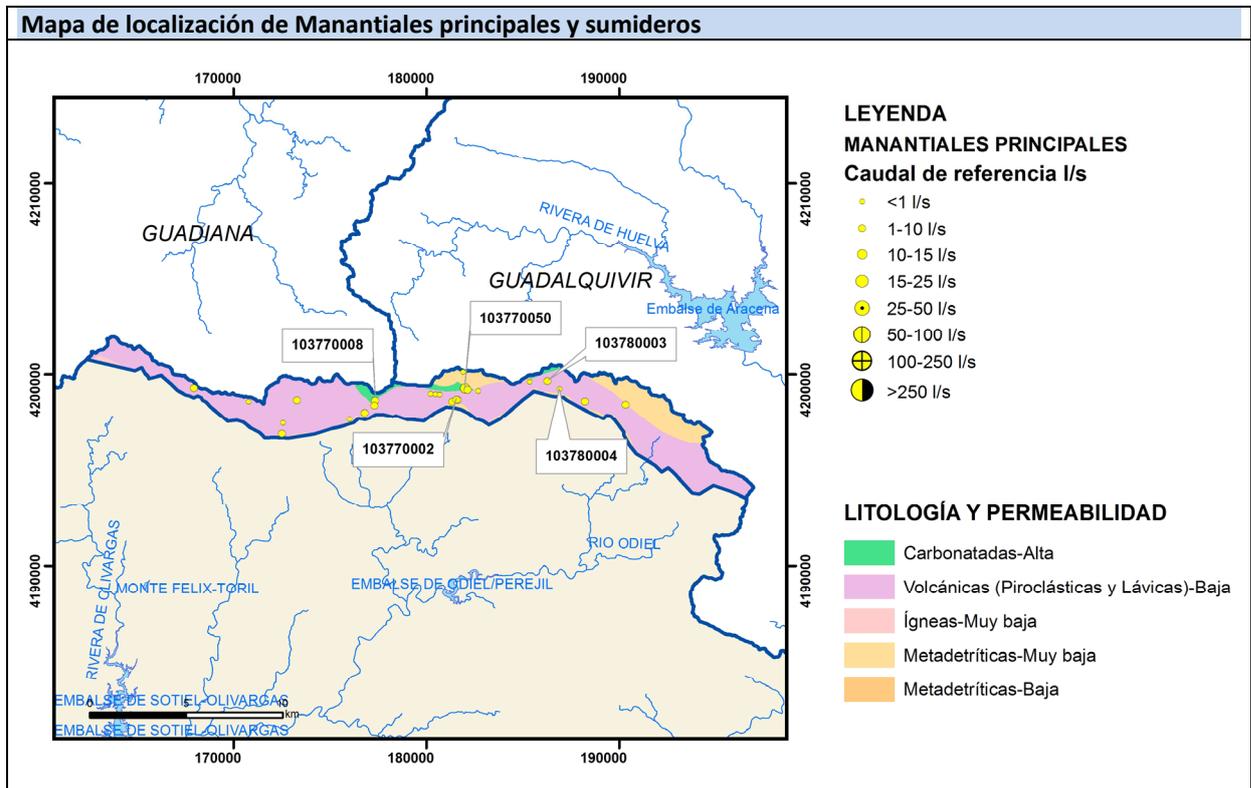
Gráfico piezómetro representativo (localización sobre el mapa hidrogeológico)



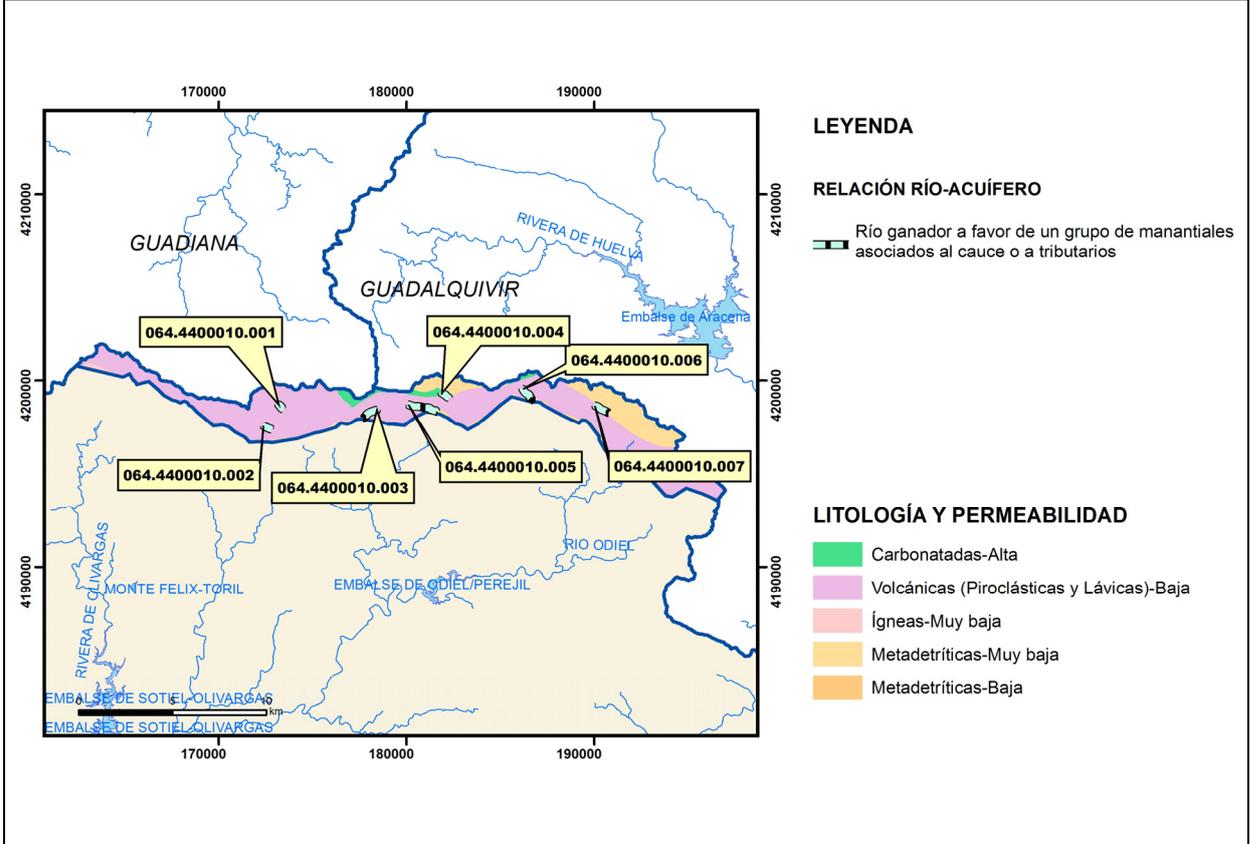
CARACTERIZACIÓN HÍDRICA R.H.

Relación río-acuífero

Forma de recarga o descarga	Código manantial principal o tramo	Cota (m) (Zc)	Coef α del manantial (días ⁻¹) (α_m)	Caudal medio (hm ³ /año) (Q_m)	Intervalo (hm ³ /año)	Coef. de reparto % (coefReparto)	Relación unitaria de trasferencia (l/s/m)(RUT)
Descarga del R.H. a través de manantiales principales.	064.4400010.001					14	
	064.4400010.002					14	
	064.4400010.003					14	
	064.4400010.004					14	
	064.4400010.005					14	
	064.4400010.006					14	
	064.4400010.007					14	
Descarga del R.H. directamente a cauce. (río ganador)							
Descarga del R.H. a través de manantiales y difusa a cauce							
Recarga del R.H. de manera difusa por cauce (Río perdedor)							



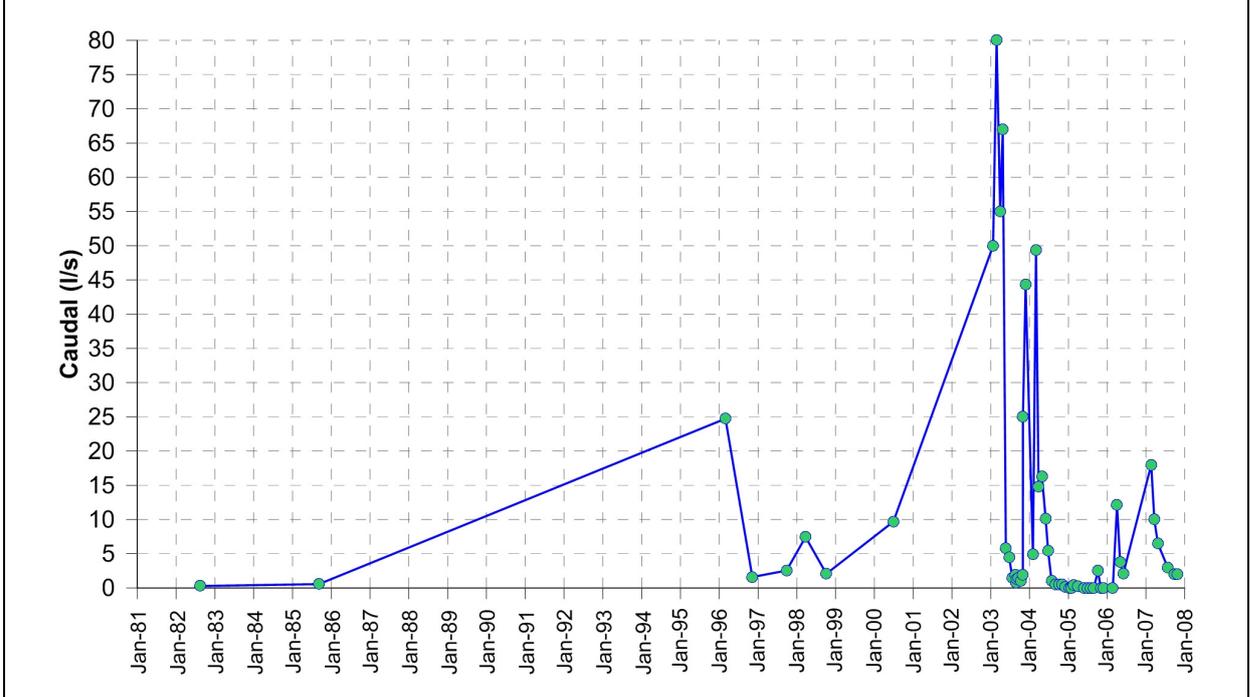
Mapa de localización de relación río acuífero (tramos ganadores y perdedores)



Hidrograma representativo de las descargas subterráneas (manantial o estación de aforos)

Nº de registro	X UTM (ETRS89)	Y UTM (ETRS89)	Cota (m s.n.m.)
103770008	177351	4198637	710

**Peña Arias Montano
103770008**



CARACTERIZACIÓN HÍDRICA R.H. Relación humedal-acuífero

Característica	Valor medio	Intervalo
Volumen descargado por el R.H. a los humedales. (hm ³ /año)		
Volumen cedido por los humedales al R.H. (hm ³ /año)		
Cota de desagüe del humedal (m s. n. m.)		
Mapa de localización de los humedales con indicación de su relación hídrica		

TRANSFERENCIAS LATERALES ENTRE RH'S

Códigos de los RH entre los que existe transferencia lateral	Longitud de contacto entre RHs (m) (<i>Lkl</i>)	% de la longitud con transfer. lateral	Distancia del centro del RH al borde (m) (<i>lkl</i>)	Volumen medio transferido (hm ³ /año)	
				Valor medio	Intervalo

TRANSFERENCIAS AL MAR

Distancia del centro del RH y el mar (m) (<i>lkl</i>)	Longitud del contacto entre el RH y el mar (m) (<i>LkL</i>)	% de la longitud con transferen. lateral	Volumen medio transferido (hm ³ /año)	
			Valor medio	Intervalo

TRANSFERENCIA VERTICAL ENTRE RH's

Código del RH con el que se encuentra conectado verticalmente	Espesor de la capa semipermeable existente entre el RH superior e inferior (m) (<i>ekp</i>)	Permeabilidad vertical de la capa semipermeable entre el RH superior e inferior (m/día) (<i>Kvkp</i>)	Superficie de paso entre el RH superior e inferior (km ²) (<i>Akp</i>)	Volumen medio transferido (hm ³ /año)	
				Valor medio	Intervalo

Observaciones

- El nivel piezométrico medio elegido se corresponde con la media de las cotas piezométricas de toda la piezometría BBDD IGME del Recinto.
- Para el cálculo de la cota media del muro se ha tomado como profundidad media de la formación caliza de Aracena la de 1000 m por lo que la cota media del muro sería 639-1000= -361
- La cota umbral de conexión se ha asimilado al registro del manantial que surge a cota más baja (490 m)
- Valor de transmisividad sacado de publicación "Caracterización hidrogeoquímica preliminar de las aguas subterráneas del acuífero carbonático de la Sierra de Aracena (Huelva)".
- Posiblemente existan transferencias hacia el Recinto Río Múrtigas, pero deben ser cuantificadas.

Bibliografía

- Diputación Provincial de Huelva (1993). Atlas hidrogeológico de la Provincia de Huelva. 100 pág.
- Instituto Tecnológico Geominero de España, Consejería de Obras Públicas y Transportes y Consejería de Trabajo e Industria de la Junta de Andalucía (1998). Atlas hidrogeológico de Andalucía. 216 pág.
- Martos-Rosillo, S.; Bros, T.; Rodríguez, M. y Moral, F., 2008. Caracterización hidrogeoquímica preliminar de las aguas subterráneas del acuífero carbonático de la Sierra de Aracena (Huelva). Geogaceta, 44, 147-150.
- Instituto Geológico y Minero de España, Consejería de Medio Ambiente de la Junta de Andalucía (2010). El Agua en el Parque Natural Sierra de Aracena y Picos de Aroche (Huelva) – Colección Hidrogeología y Espacios Naturales. 175 pág.
- Consejería de Agricultura, Pesca y Medio Ambiente de la Junta de Andalucía. Plan Hidrológico del Tinto, Odiel y Piedras 2009-2015.
- Consejería de Medio Ambiente y Ordenación del Territorio de la Junta de Andalucía. Plan Hidrológico de la Demarcación Hidrográfica del Tinto, Odiel y Piedras 2015-2021.

