

LA GESTIÓN DE LA RECARGA DE ACUÍFEROS COMO TÉCNICA ALTERNATIVA DE GESTIÓN HÍDRICA IDÓNEA PARA EL REGADÍO. EJEMPLOS Y CASOS PRÁCTICOS EN ZONAS REGABLES

FERNÁNDEZ ESCALANTE, Enrique. TRAGSA I+D+i, Madrid.
Dpto. de Estratigrafía. Fac. de CC. Geológicas. Univ. Complutense de Madrid.



Universidad
Complutense
Madrid



Índice

- La gestión hídrica en España
- Gestión hídrica integral. Esquemas topológicos
- Técnicas especiales. La gestión de la recarga de acuíferos (antes recarga artificial).
- Mecanismo hidrodinámico
- Estado del arte y experiencias
- Aplicación a dos zonas regables de la provincia de Segovia
- Divulgación y conclusiones

Water management in Spain. Overlook

TECHNIQUES:

Conventional

- DAMMING
- GROUNDWATER EXPLOITATION
- INTERBASIN WATER TRANSFER



Non conventional

- REUSE AND RECYCLING
- DESALINATION



Special or alternative

- MANAGED AQUIFER RECHARGE (MAR)
- PALLIATIVE TECHNIQUES
 - Runoff decrease in forest and urban areas
 - Runoff traps
 - Saving
 - Pipe network efficiency
 - Evaporation decrease in dams
 - Underwater freshwater springs
 - Etc.



Índice

- La gestión hídrica en España
- **Gestión hídrica integral. Esquemas topológicos**
- Técnicas especiales. La gestión de la recarga de acuíferos (antes recarga artificial).
- Mecanismo hidrodinámico
- Estado del arte y experiencias
- Aplicación a dos zonas regables de la provincia de Segovia
- Divulgación y conclusiones



Haga clic para agregar notas

Dibujo Autoformas

Diapositiva 2 de 100

Diseño predeterminado

añol (España - alfab. internacio

Inicio

m...

P...

In...

ES

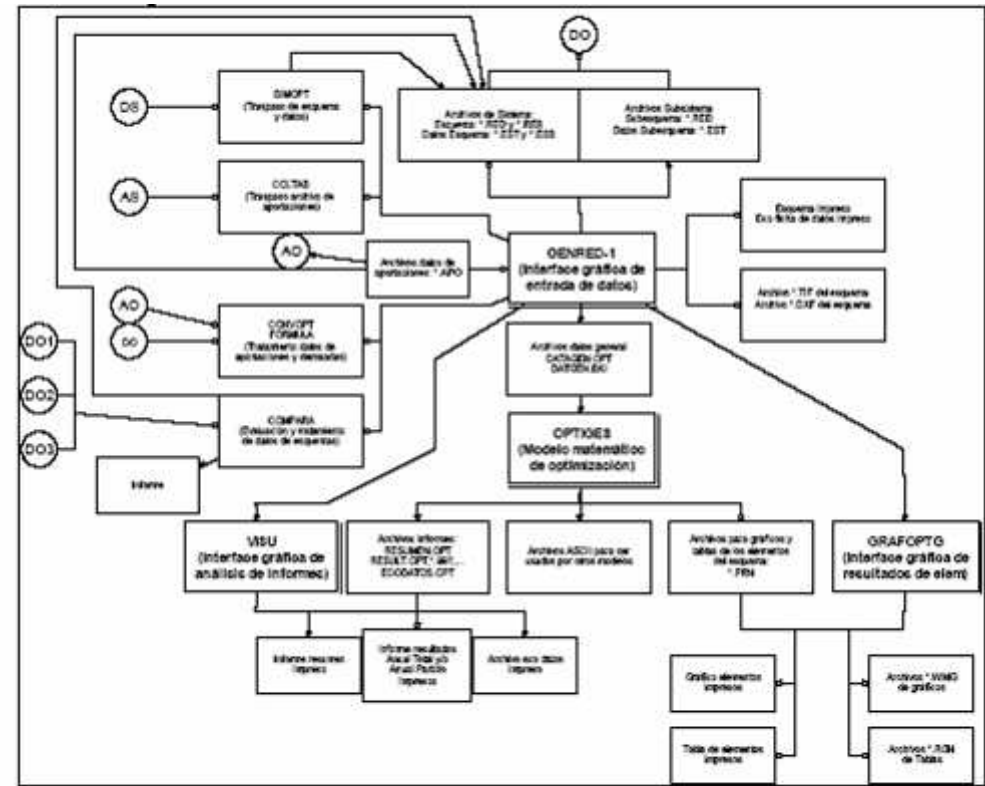
17:37

Gestión hídrica integral

- Los sistemas de gestión tradicionales basados en integrar el empleo de **dispositivos de almacenamiento superficial** y subterráneo en “**celdas de gestión**” con objeto de garantizar el suministro han sido modificados.
- A los sistemas clásicos cabe añadir técnicas alternativas, bien sean **estructurales** como la recarga artificial de acuíferos, desaladoras, etc. **o no**, como para el caso de las depuradoras que permitan de reutilización y el reciclaje, etc.

Esquemas topológicos

- El sistema distingue nudos con y sin capacidad de almacenamiento, canales, demandas, entradas y elementos de retorno.





Índice

- La gestión hídrica en España
- Gestión hídrica integral. Esquemas topológicos
- **Técnicas especiales. La gestión de la recarga de acuíferos (antes recarga artificial).**
- Mecanismo hidrodinámico
- Estado del arte y experiencias
- Aplicación a dos zonas regables de la provincia de Segovia
- Divulgación y conclusiones

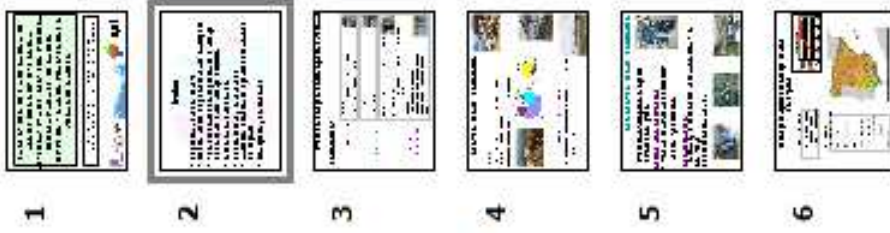
Haga clic para agregar notas

Managed Aquifer Recharge (MAR)

Introducción



- La recarga artificial de acuíferos (MAR) se ha convertido en una **herramienta de gestión hídrica económica y de gran efectividad** con respecto a las grandes obras hidráulicas.
- En España se encuentra todavía en un **estadio incipiente o experimental**, a pesar de haber antecedentes al menos desde la época árabe.
- El **volumen anual** medio de recursos hídricos de operaciones de AR asciende a **300-350 hm³/año** (IGME, 2000), cifra en desacuerdo con la estimación del MIMAM “*pero no debe alcanzar siquiera los 50 hm³/año*” (MIMAM, 2000).
- Resultados “**esperanzadores**”.

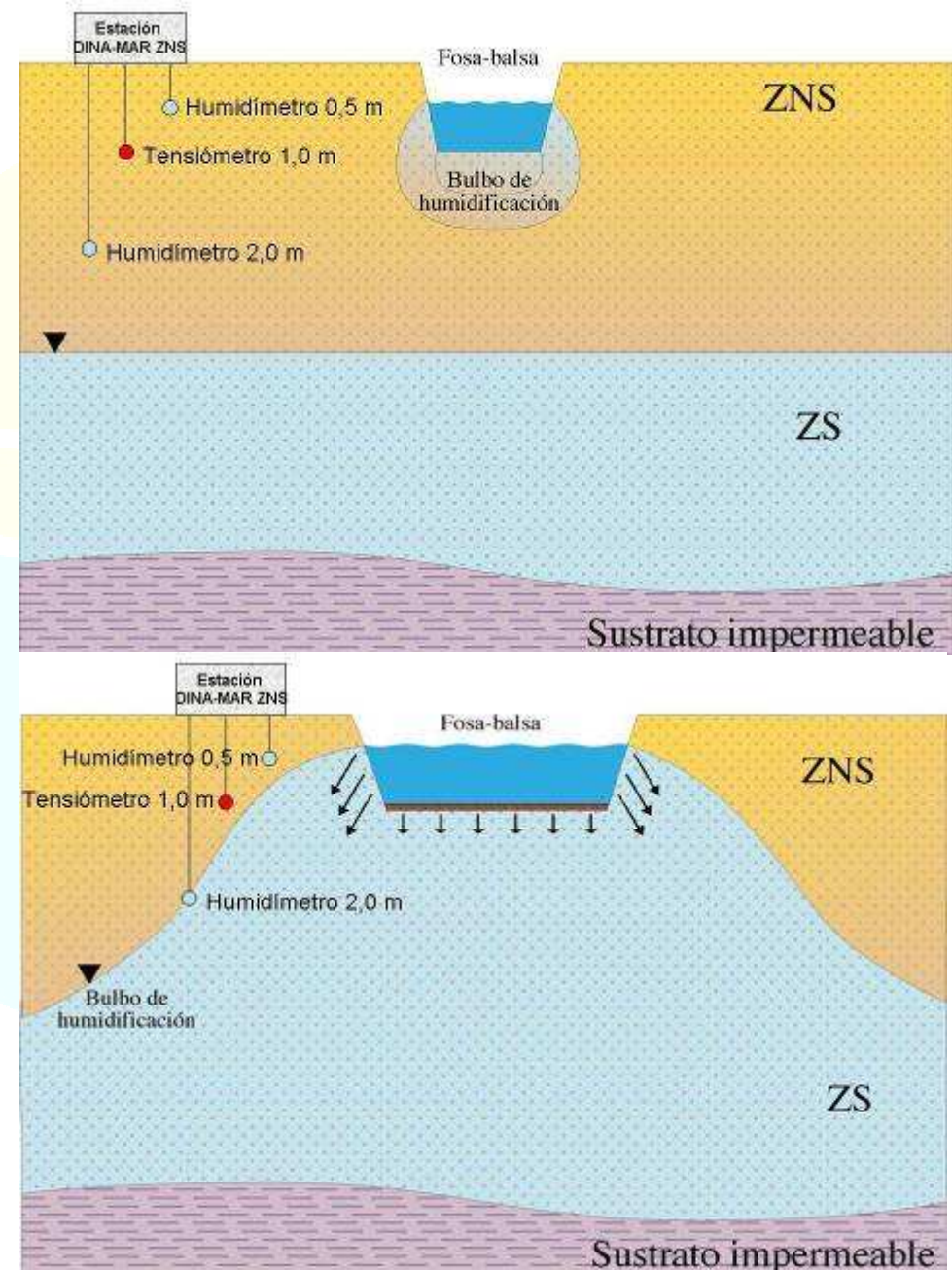


Índice

- La gestión hídrica en España
- Gestión hídrica integral. Esquemas topológicos
- Técnicas especiales. La gestión de la recarga de acuíferos (antes recarga artificial).
- Mecanismo hidrodinámico
- Estado del arte y experiencias
- Aplicación a dos zonas regables de la provincia de Segovia
- Divulgación y conclusiones

Haga clic para agregar notas

Mecanismo hidrodinámico de la AR



Utilidades de la técnica MAR:

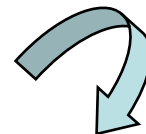


- **Almacenar agua en los acuíferos**, especialmente en zonas de **escasa disponibilidad superficial** o **sin posibilidad de otras formas** de embalsamiento
- **Suavizar fluctuaciones** en la demanda y **reducir el descenso** del nivel del agua por sobrebombeo
- Utilización del **acuífero como** embalse regulador, almacén y red de distribución dentro de un sistema integrado
- Reducir las pérdidas por evaporación respecto a presas y balsas
- **Compensación** de la **pérdida de recarga natural** en un acuífero por actividades humanas
- Evitar que las aguas de inferior **calidad** del acuífero se desplacen hacia captaciones de buena calidad. Suavizar diferencias cualitativas
- **Regeneración hídrica** elementos clave (humedales)
- **Barrera** para la intrusión marina
- Prevenir **problemas geotécnicos**
- **Evacuación y depuración de** aguas residuales urbanas (reutilización)
- Integración de actividades lesivas en el marco del desarrollo sostenible.
- **Mejora económica** zonas deprimidas.
- Intervención en el **control desertización**, acarcavamiento, erosión de suelos, etc.

Inconvenientes de la AR:



- 1. **Grado de conocimiento incipiente de su potencial**
- 2. **Visión** principalmente **hidráulica** de la política de gestión hídrica en el país. p.e. el PAIH del MIMAM alude a la AR en la cuenca del Duero como “*técnicas especiales*”
- 3. **Escasez y falta de continuidad en las experiencias.** Las operaciones van cobrando importancia creciente. Ej MAPA, 2002/03
- 4. **Escasa dedicación** en las publicaciones de gestión hídrica del país (ej. LBAS, LBAE, etc.).
- 5. Abundancia estudios técnicos.



Un método efectivo consiste en la difusión de experiencias e investigaciones de carácter científico-técnico de manera planificada y rigurosa (Pérez Paricio, 2000).

Problemas habituales



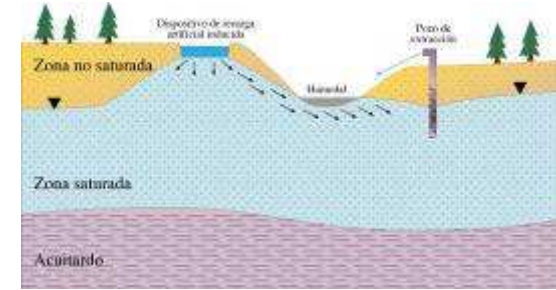
- Colmatación
- Escaso conocimiento del medio receptor
- Inadecuado diseño/adopción de dispositivos
- Recarga artificial con aguas de mala calidad
- Pérdidas del agua almacenada en los acuíferos
- Impactos ambientales “aguas abajo” del dispositivo
- Afecciones negativas de los dispositivos experimentales en el medio receptor
- Problemas socioeconómicos y políticos
- Escasa difusión de la información

Origen del agua

- Ríos, canales, arroyos perennes/intermitentes.
- Embalses y presas.
- Aguas de escorrentía urbana.
- Aguas residuales/tratadas.
- Retornos de riegos (azarbes).
- Recarga accidental.



Sistemas de AR



- **INSTALACIONES DE RECARGA SUPERFICIALES**
- - Instalaciones localizadas en el interior de los cauces
- Serpenteos
- Represas
- Escarificación lechos de ríos
- Modificación cauces naturales
- - Instalaciones localizadas en el exterior de los cauces
- Vasos permeables.
- Balsas.
- Fosas/canales/caceras.
- Campos de extensión (zonas regables).
- Espacios inter-dunares
- Pozos abiertos de gran diámetro
- **INSTALACIONES DE RECARGA EN PROFUNDIDAD**
- Sondeos de inyección.
- Inyección en simas y dolinas.
- Drenes y galerías.
- Almacenamiento y recuperación de acuíferos o *Aquifer Storage and Recovery (ASR)*.
- **INSTALACIONES MIXTAS**
- Pozos colgados o que intercomunican un acuífero colgado con otro infrayacente.
- Utilización conjunta de zanjas drenantes/balsas/canales y sondeos.
- Drenes subterráneos.
- Filtración en el lecho de los ríos o *River Bank Filtration (RBF)*.
- Aljibes de aprovechamiento de la escorrentía urbana

Microsoft PowerPoint - [ETSIA-2010]

Archivo Edición Ver Insertar Formato Herramientas Presentación Ventana 2 Adobe PDF

Arial 18 N K S

Estilo

1



2



3



4



5



6



Índice

- La gestión hídrica en España
- Gestión hídrica integral. Esquemas topológicos
- Técnicas especiales. La gestión de la recarga de acuíferos (antes recarga artificial).
- Mecanismo hidrodinámico
- Estado del arte y experiencias
- Aplicación a dos zonas regables de la provincia de Segovia
- Divulgación y conclusiones

Haga clic para agregar notas

Dibujo Autoformas

Herramientas de dibujo

Formato de texto

Formato de imagen

Diapositiva 2 de 100

Diseño predeterminado

añol (España - alfab. internacio

Inicio

Inicio

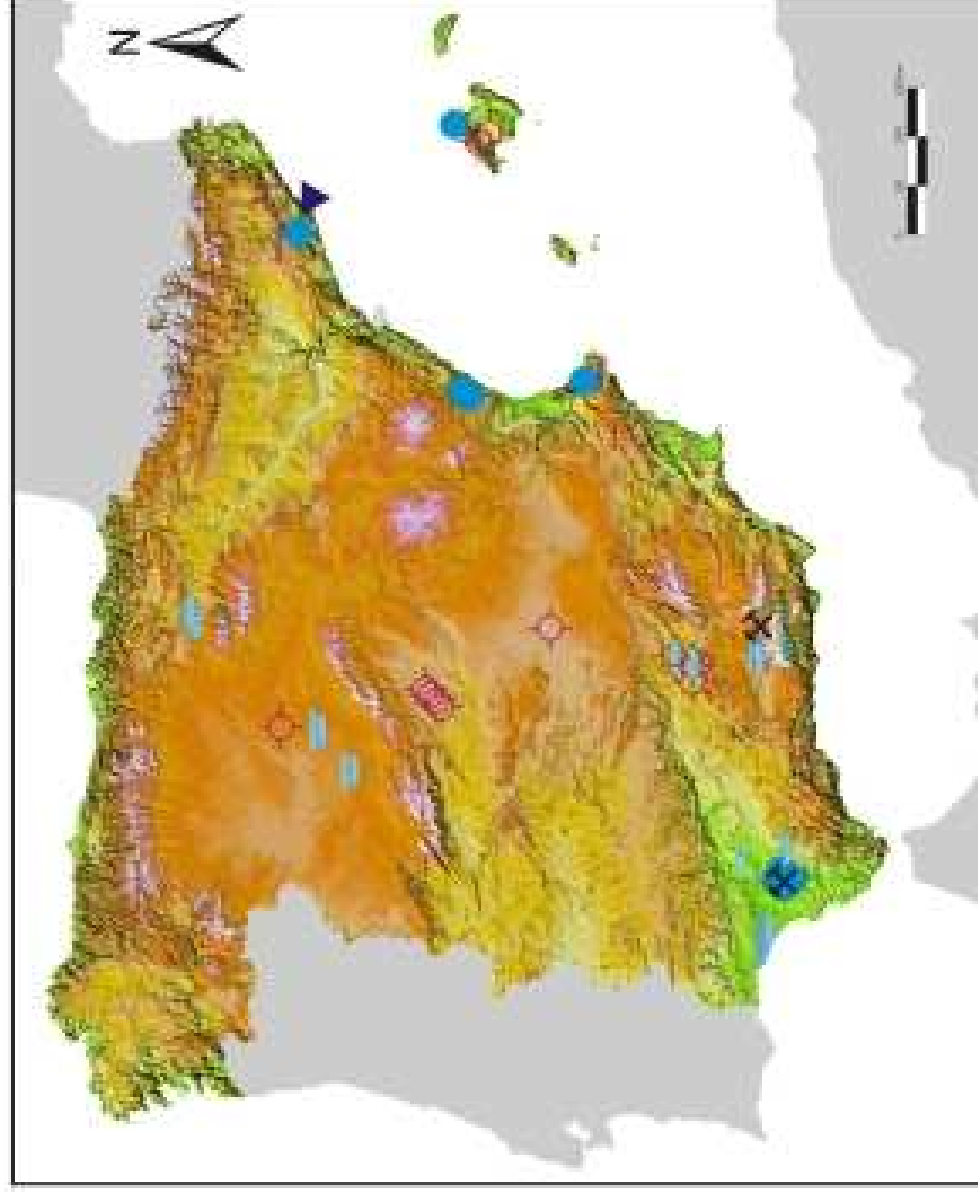
m...

In...

ES

17:37

DISPOSITIVOS OPERATIVOS EN ESPAÑA



LEYENDA

- Pozos
- Sondeo Profundo
- ASR
- Dique retención
- Canales y zanjas
- Acequias de careo
- Escarificación
- Balsos
- Mino AR



GESTIÓN DE LA RECARGA DE ACUÍFEROS



DINA-MAR es un proyecto de gestión hídrica en el marco del I+D+I financiado por el Grupo Tragsa cuyo principal objetivo es determinar qué zonas de España son susceptibles para la recarga artificial de acuíferos o Managed Aquifer Recharge (MAR) y su desarrollo.

Inicio | Archivo | Contacto | Suscribirse | Iniciar sesión

02/02/2010

Categorías

- Presentación
- Proyecto DINA-MAR
- Grupo Tragsa y MAR
- Noticias
- Documentación técnica
- Educación ambiental
- Galería
- Galería multimedia
- Enlaces

<< ¿Por qué MAR y no AR? | Libros sobre M.A.R. escritos por personal del Grupo Tragsa. 2ª Edición. >>

Inventario de dispositivos MAR en España. Ayúdanos a mejorar el inventario, por favor

subido por [Administrator](#) 10. enero 2010 14:23

Estamos actualizando el inventario de dispositivos de gestión de la recarga (antes recarga artificial) en España, con objeto de modernizar el estado del arte y enviar los resultados a la UNESCO y al Instituto Acacia, de Holanda, donde coordinan el inventario mundial. Rogamos ayuda para ubicar nuevos dispositivos o experiencias (aunque ya no estén operativas). Por favor, enviennos sus [experiencias a contacta](#)

Buscar

Término a buscar Buscar

Buscar en comentarios

Nube de etiquetas

documentación

- educación ambiental
- enlaces galería galería
- multimedia grupo tragsa y mar
- jornadas mar mar vs ar noticia
- noticias presentación proyecto dina
- mar recarga artificial tesis unesc
- mar

Resultados por cuencas hidrográficas

Cerca del 15 % del territorio español (excluidas las Islas Canarias) son zonas MAR

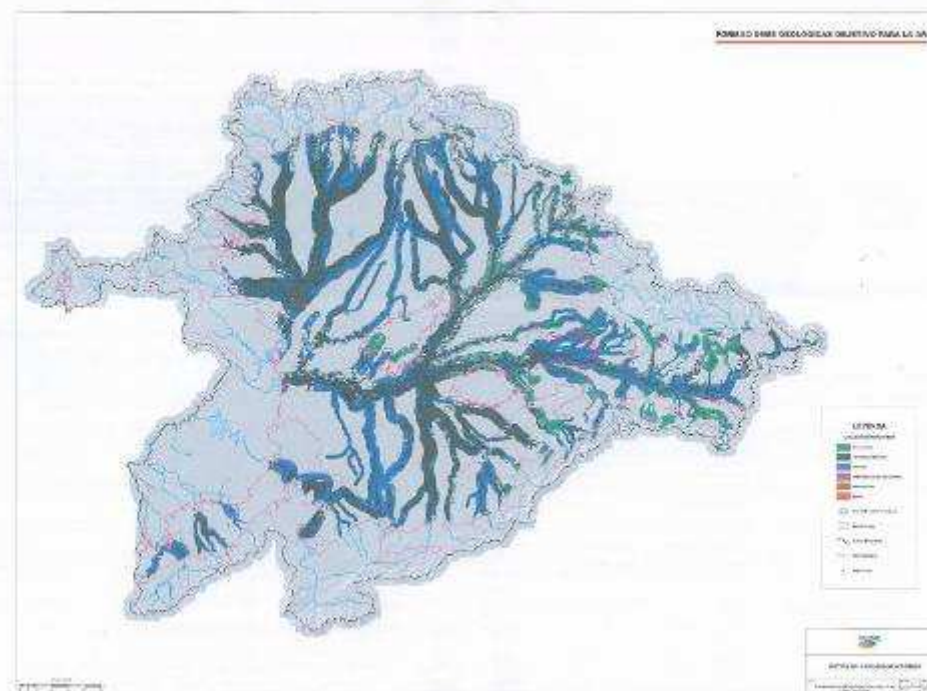
BASIN	Total basin (km2)	% Sup.
DUERO	21565	32.3
TAJO	10186	15.2
EBRO	8686	13.0
JUCAR	7892	11.8
GUADIANA	5184	7.8
GUADALQUIVIR	4878	7.3
SEGURA	2283	3.4
NORTE	1953	2.9
PIRINEO	1746	2.6
SUR	1458	2.2
BALEARES	1023	1.5
TOTAL	66854	100.0

Cuencas más adecuadas:

Duero
Baleares
Júcar
Tajo



Cartografía de grandes cuencas: p.e. Duero



Mapas disponibles en:
www.dina-mar.es

Potencial de la técnica MAR

Volumen de agua almacenado en España:

53.198 hm³ en 2.745 km² (enero de 2005)
19,37 hm³ / km²

15 % del territorio es apropiado para MAR (67.000 km²)

¿Cuánto agua podría almacenarse en las zonas MAS?

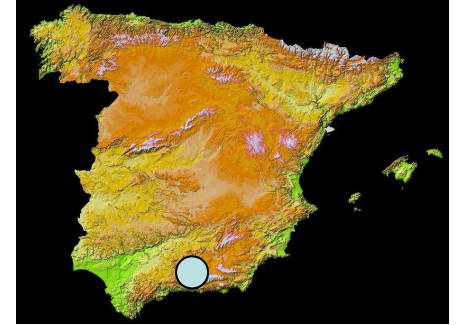
- Capacidad de almacenamiento medio estimado: **134.000 hm³ (2 hm³/km²)**

**CASI EL TRIPLE DEL VOLUMEN ALMACENADO EN EMBALSES
CON POSIBILIDAD DE OCUPAR EL TERRENO SUPERFICIAL**



Antecedentes históricos

Las acequias de careo



Alpujarras, P.N. Sierra Nevada



- MAR desde el siglo XII
- 14 acequias de careo para MAR bien preservadas (125 km)

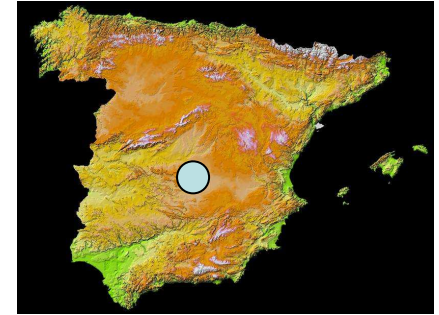
Intrusión marina



Minas



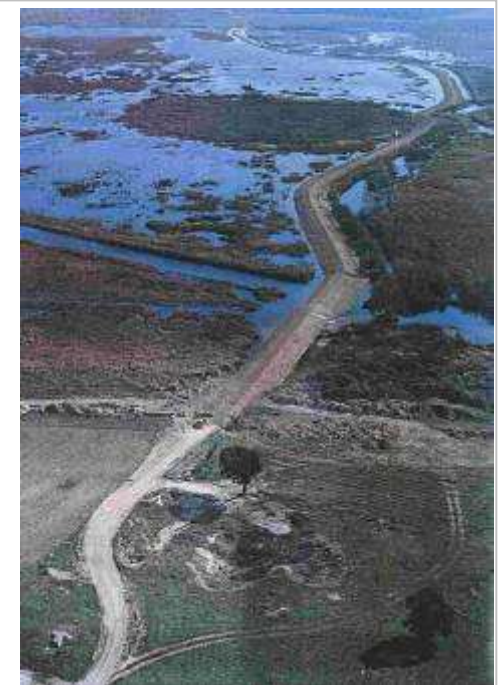
Regeneración hídrica de humedales. Tablas de Daimiel



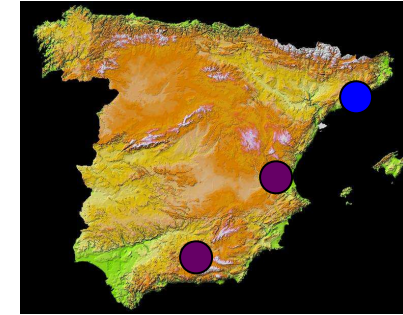
8 MAR boreholes:



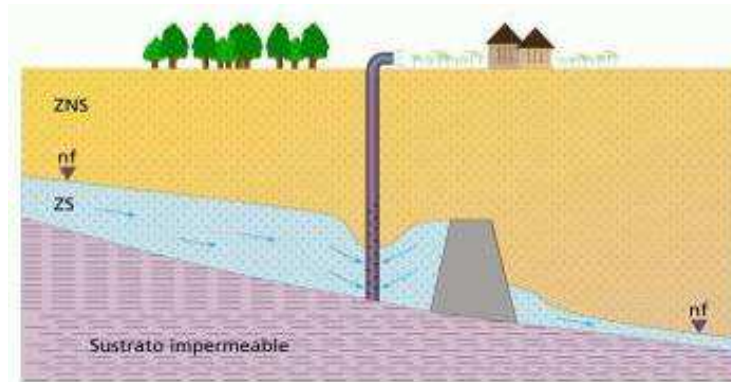
2 dispositivos hidráulicos



Técnicas paliativas



Reducción de la escorrentía en bosques



Reducción de la escorrentía en áreas urbanas



Barcelona
2005/2008

SUDS

Algunos ejemplos de *Sustainable Urban Drainage Systems*, (SUDS):

TRAMPAS DE ESCORRENTÍA



TEJADOS VERDES



SUPERFICIES PERMEABLES



POZOS, CANALES Y DEPÓSITOS DE INFILTRACIÓN

OBJETIVOS:

- MINIMIZAR LA ESCORRENTÍA SUPERFICIAL
- RECUPERAR LA CAPACIDAD DE INFILTRACIÓN ORIGINAL DEL SUELO

MAR con aguas regeneradas



Microsoft PowerPoint - [ETSIA-2010]

Archivo Edición Ver Insertar Formato Herramientas Presentación Ventana ? Adobe PDF

Arial 18 N K S

Estilo

1



2



3



4



5



6



Índice

- La gestión hídrica en España
- Gestión hídrica integral. Esquemas topológicos
- Técnicas especiales. La gestión de la recarga de acuíferos (antes recarga artificial).
- Mecanismo hidrodinámico
- Estado del arte y experiencias
- **Aplicación a dos zonas regables de la provincia de Segovia**
- Divulgación y conclusiones

Haga clic para agregar notas

Dibujo Autoformas

Diseño predeterminado

Diapositiva 2 de 100

añol (España - alfab. internacio

Inicio

m...

In...

ES

17:37

CUBETA DE SANTIUSTE

1. Estudio de previabilidad técnica, socioeconómica y política

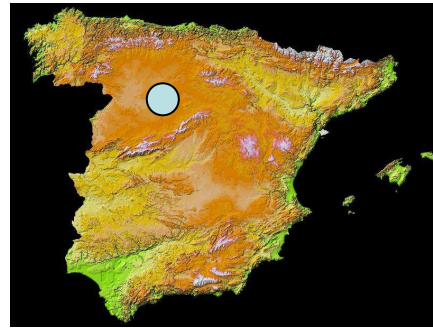
MEDIO FISICO

- Enmarcado dentro de la “Tierra de Pinares” o “Los Arenales”.
Area: aprox: 8.000 ha, margen izda. de los ríos Voltoya y Eresma.

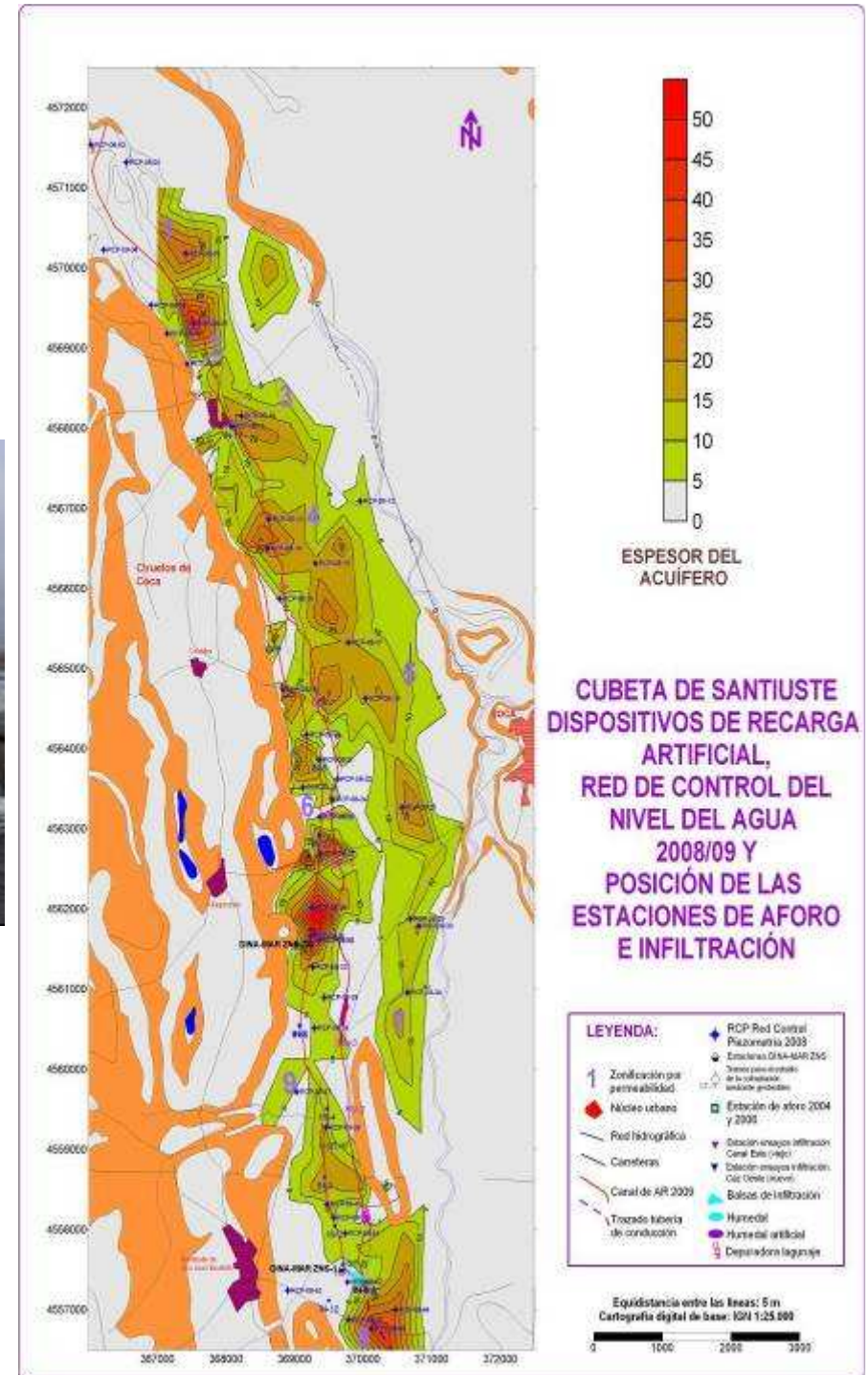
ACTIVIDAD AGRICOLA

- Agricultura de rentabilidad media, basada en hortícolas (zanahoria, puerro, patata, lechuga, maiz dulce,... sobre unas 550 ha.
En continuo crecimiento por “efecto contagio”.
- Comunidad de regantes nueva y bien estructurada con problemas típicos de su novedad.
- Dependencia de suministro de agua del acuífero detrítico superior, de excelente calidad y bajos costes de explotación.
- Muy limitado y vulnerable en escenarios de sequía plurianuales>sobreexplotación.

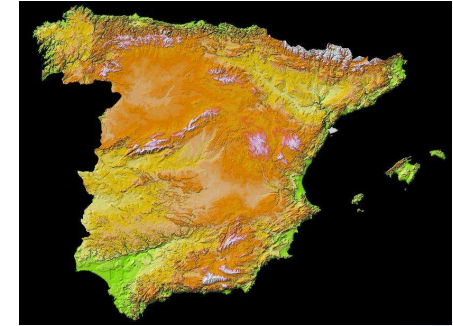
MAR en Santiuste



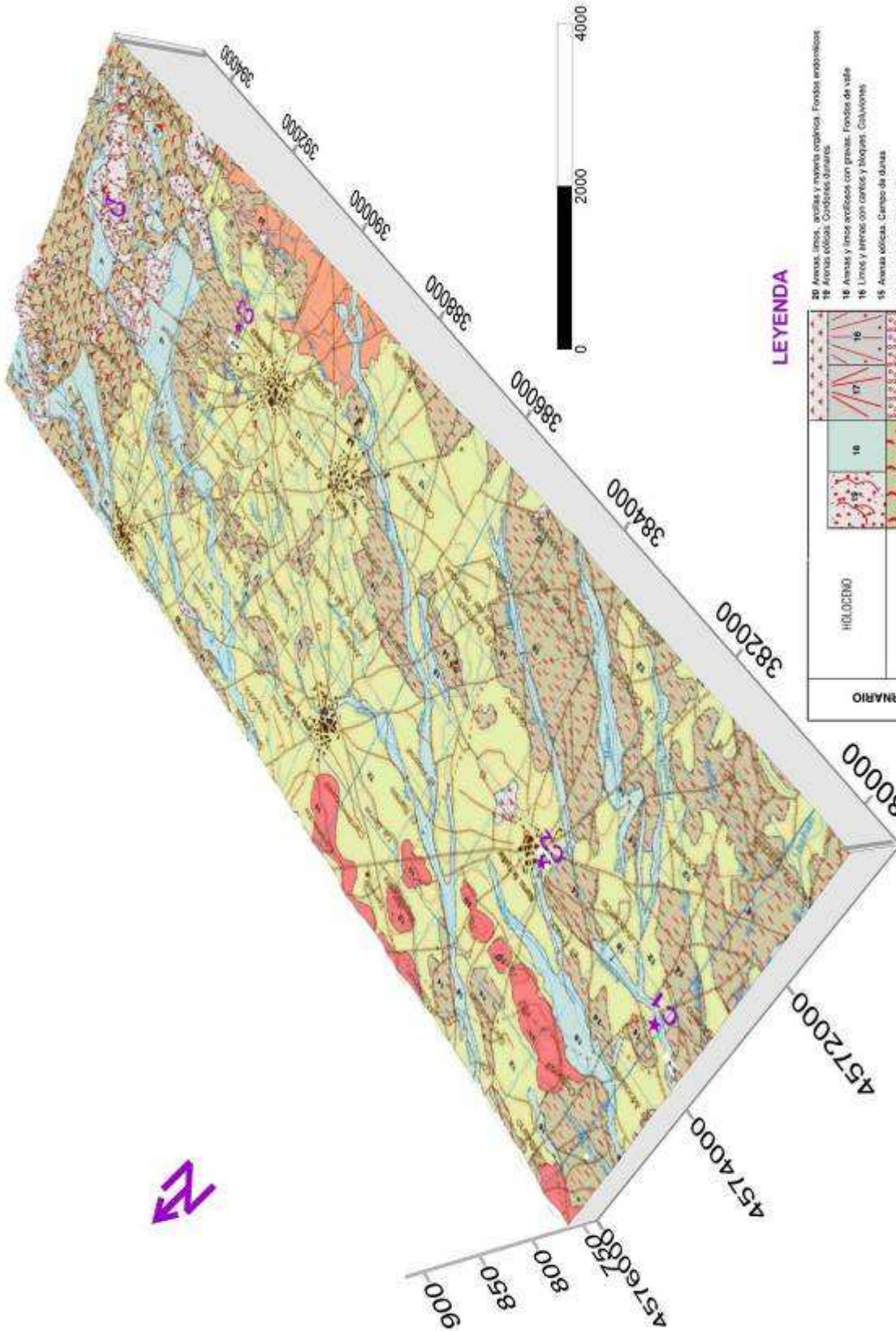
- 7 años de operatividad
- 27 km de canal
- 5 balsas de infiltración
- 3 humedales artificiales
- 3 pozos de infiltración



Presentación del dispositivo



- 40,7 km de canal
- 3 balsas de infiltración
- 1 RBF
- 1 humedal artificial



**COMARCA DEL CARRACILLO
CARTOGRAFÍA GEOLÓGICA A
BLOQUE DIAGRAMA**

LEYENDA

CUATERNARIO	HOLOCENO	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	
		10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0	
TERCIARIO	PLUSTUCCIO												
		ASTRACIENSE		MIOCENO		OLIGOCENO		CRETÁCICO		TRIÁSICO		PERMIANO	

- 20 Arenas, limos, arcillas y mareas orgánicas. Fondos endorreicos
- 19 Arenas (óreas). Conchíferos danianos
- 18 Arenas y limos arenosos con gravas. Fondos de valle
- 17 Límites y arenos con conchíferos y bloques. Calvarones
- 16 Arenas óreas. Campos de dunas
- 15 Arenas rósicas. Manto edico
- 14 Arenas, gravas y limos. Tenazer
- 13 Arenas, arenas arcillosas y gravas de curso. Superficie Coca-Ahualo
- 12 Margas arcillosas plizas y verdes. Margas de Chiricólicas
- 11 Arenas, arenosos y ríos arenosos
- 10 Arenas arcillosas, areniscas, arcillas, limos, brechas y conglomerados

COMARCA DE “EL CARRACILLO”

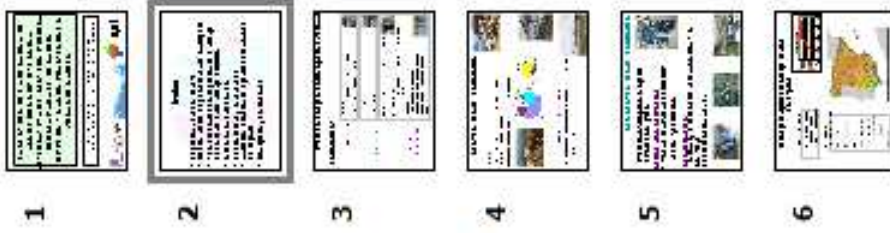
MEDIO FISICO

- Enmarcado dentro de la “Tierra de Pinares” o “Los Arenales”.
Area: aprox:15.000 ha, entre los ríos Pirón y Cega.

ACTIVIDAD AGRICOLA

- Agricultura de alta rentabilidad, basada en hortícolas (zanahoria, puerro, patata, lechuga, maiz dulce,... sobre unas 2800 ha.
- Comunidad de regantes activa y bien estructurada.
- Dependencia de suministro de agua del acuífero detrítico superior, de excelente calidad y bajos costes de explotación.

Muy vulnerable en escenarios de sequía plurianuales.



Índice

- La gestión hídrica en España
- Gestión hídrica integral. Esquemas topológicos
- Técnicas especiales. La gestión de la recarga de acuíferos (antes recarga artificial).
- Mecanismo hidrodinámico
- Estado del arte y experiencias
- Aplicación a dos zonas regables de la provincia de Segovia
- **Divulgación y conclusiones**

Haga clic para agregar notas

Fases de un estudio de AR

Ejemplos de dos proyectos de MAR para regadío

1. Estudio de **previabilidad** técnica, socioeconómica y política.
2. Estudio **hidrogeológico**: En él se ha de combinar y analizar los datos con la información previa y la generada durante el estudio relativa a la geología de la zona, hidrología, geomorfología, topografía, microtopografía, edafología, clima, usos del suelo y actuaciones humanas esencialmente (*MAPA, 1999a*).
3. Estudio de la **litología**. Elaboración de una cartografía geológica.
4. Determinación de la **geometría** del acuífero.
5. Campañas de **prospección geofísica**.
6. Estudio de la **piezometría** referida a un período determinado y elaboración de una **cartografía hidrogeológica** empleando las normas de la UNESCO.
7. Determinación de la **velocidad de circulación**, trazado de las equipotenciales y orientación de las **líneas de flujo**.
8. Estudios de **hidroquímica y calidad** en la **ZS**.
9. Preceptivamente se puede añadir un estudio de la **ZNS**.

Resumen y conclusiones

1. La técnica M.A.R. está infrautilizada en España. Hay tres dispositivos de “gran envergadura”, cuando un 15% de España es susceptible de AR.
2. Permite incorporar en los esquemas de reutilización técnicas paliativas.
3. El análisis económico refrenda su efectividad y buena adecuación a la realidad hídrica española del siglo XXI.
4. La técnica constituye una *driving force* y es adecuada para fines medioambientales.
5. Interesantes posibilidades para su mayor implantación en esquemas de gestión hídrica integral.
6. La divulgación debe realizarse a nivel general, de tal forma que el ciudadano tenga un conocimiento crítico de los problemas medioambientales y de los mecanismos a su alcance para su participación activa en su resolución.
7. El Estado es responsable de facilitar los mecanismos de participación pública y mejorar el nivel de información y formación de las personas implicadas y de la sociedad, así como promover nuevas investigaciones y experiencias, pero la responsabilidad es compartida.

Tres rutas hidrogeológicas: *Caminitos de agua*



Caminitos de Agua, TRES RUTAS HIDROGEOLÓGICAS EN LA PROVINCIA DE SEGOVIA

Tragsa, DM, Canal de Agua

Ruta Hidrogeológica de la Cubeta de Santiuste

Ruta Hidrogeológica del Carracillo

Ruta Hidrogeológica en Carbonero el Mayor. Qanat, Galería o Mina

El sistema de aguas subterráneas conocido como "rutas hidrogeológicas" son parte del sistema de gestión de aguas subterráneas y pertenecen al territorio de gestión de Tragsa, la Oficina de Estudios y Gestión del agua de Segovia.

Este "Caminito de Agua" se divide en tres rutas hidrogeológicas: "Ruta de la Cubeta de Santiuste", "Ruta del Carracillo" y "Ruta de Carbonero el Mayor". Estas rutas hidrogeológicas son parte del sistema de gestión de aguas subterráneas y pertenecen al territorio de gestión de Tragsa, la Oficina de Estudios y Gestión del agua de Segovia.

Para poder acceder a esta información, en Caminitos de Agua se ha creado una "Guía de Caminitos de Agua" que puede ser consultada en el sitio web de Caminitos de Agua (www.caminitosdeagua.es) o en el teléfono de atención al cliente (945 21 21 21).

www.caminitosdeagua.es

Mapas de Ruta: Se muestran mapas detallados de las tres rutas hidrogeológicas, con indicaciones de puntos de interés y distancias.

Tabla de Datos:

Ruta	Nombre	Longitud (km)	Nº de puntos de interés
1	Ruta de la Cubeta de Santiuste	10,5	10
2	Ruta del Carracillo	12,5	12
3	Ruta de Carbonero el Mayor	15,0	15

Temas de Interés: Agua, Medio Ambiente, Turismo, Patrimonio Cultural, Patrimonio Natural, Patrimonio Industrial, Patrimonio Científico, Patrimonio Tecnológico, Patrimonio Histórico, Patrimonio Artístico, Patrimonio Religioso, Patrimonio Educativo, Patrimonio Deportivo, Patrimonio Recreativo, Patrimonio Científico, Patrimonio Tecnológico, Patrimonio Histórico, Patrimonio Artístico, Patrimonio Religioso, Patrimonio Educativo, Patrimonio Deportivo, Patrimonio Recreativo.

- “Demonstration site” GRUPO UNESCO-MAR
- Inclusión en red MAR-NET en trámite

PARTICIPACIÓN DINA-MAR EN EL COMITÉ ORGANIZADOR ISMAR 7



The screenshot shows a Microsoft Internet Explorer browser window displaying the website for the 7th Annual International Symposium on Managed Aquifer Recharge (ISMAR7). The browser's address bar shows the URL <http://www.ismar7.org/index.php>. The website's header features a navigation menu with links: [EVENT INFO](#), [TOP REASONS TO ATTEND](#), [SCHEDULE](#), [SPONSORS](#), [COMMITTEE](#), [ACCOMMODATIONS](#), [ATTRACTIONS](#), and [CONTACT US](#). The main content area has a background image of a cracked, dry desert landscape with a silver faucet in the center, from which a small stream of water is dripping. On the left side, there is a logo for ISMAR7 with the text "October 9-13, 2010". The central text reads: "THE 7TH ANNUAL INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON MANAGED AQUIFER RECHARGE ABU DHABI, OCTOBER 9-13, 2010". On the right side, under the heading "ORGANIZERS:", there is a logo for "Schlumberger WATER SERVICES". At the bottom of the page, a paragraph of text reads: "Join the global leaders in subsurface water management at the world's pre-eminent conference devoted entirely to aquifer recharge. ISMAR7 is your opportunity to access cutting-edge innovations, industry leading knowledge and expertise, and insight into the latest developments in aquifer storage and recovery."

Coordenadas y agradecimientos

efernan6@tragsa.es

www.dina-mar.es



Organización de las Naciones Unidas
para la Educación, la Ciencia y la Cultura



Muchas gracias



Preguntas??