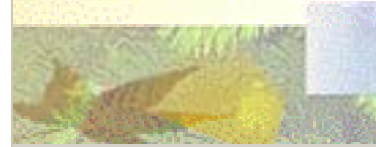


ASOCIACIÓN INTERNACIONAL DE HIDROGEÓLOGOS
GRUPO ESPAÑOL



**Jornadas sobre
EL AGUA Y LAS INFRAESTRUCTURAS EN EL
MEDIO SUBTERRÁNEO**

Barcelona, 24-26 de noviembre de 2008



**IDENTIFICACIÓN Y EVALUACIÓN
DE IMPACTOS MEDIOAMBIENTALES
ASOCIADOS A OBRAS CIVILES DE
GESTIÓN DE LA RECARGA DE
ACUÍFEROS**

FERNÁNDEZ ESCALANTE, A. Enrique





ÍNDICE

1. **Objetivos**
2. **EsIA. Identificación de impactos**
 1. **Impactos** directos e indirectos de la **recarga artificial**
 2. **Impactos directos** de la construcción de las **infraestructuras** de recarga artificial
3. **EIA.**
 1. Diseño de **indicadores** medioambientales
 2. Diseño de un **polígono** de evaluación **multicriterio** específico
 3. Aplicación **EI-MAR**
4. **Conclusiones**

1- OBJETIVOS

ÚNICO: Determinar qué afecciones al medio natural provocan las operaciones de gestión de la recarga de acuíferos, en aras de...

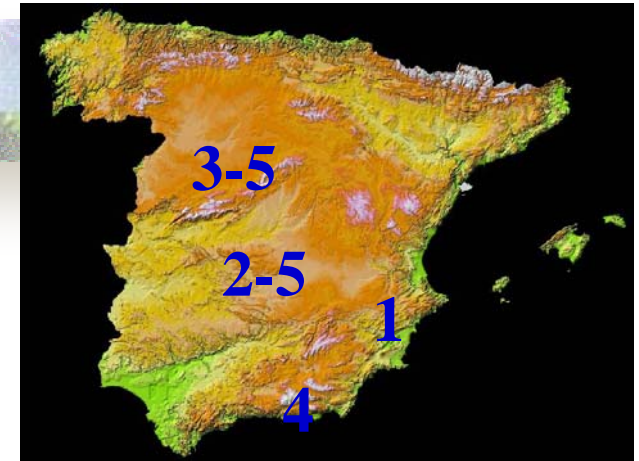
consolidar o reducir su idoneidad como técnica *alternativa* de gestión hídrica

Objetivos

2. EsIA. Identificación de impactos
 1. Impactos directos e indirectos de la **recarga artificial**
 2. Impactos directos de la construcción de las **infraestructuras** de recarga artificial
3. EIA.
 1. Diseño de **indicadores** medioambientales
 2. Diseño de un **polígono** de evaluación **multicriterio** específico
 3. Aplicación **EI-MAR**
4. Conclusiones

2- EsIA. Detección de impactos

Experiencia en dispositivos de MAR



1. Diques
2. Pozos y sondeos (Alcázar de San Juan, 1997)
3. Canales, balsas y pozos en la JCL desde 1999 (Moraña, Carracillo Y Santiuste)
4. Careos en las Alpujarras desde 2000
5. Regeneración hídrica de humedales
 1. PNT Daimiel
 2. Complejo Coca-Olmedo

Todas las experiencias han contado con EsIA de carácter ordinario o simplificado.

Diques



ALGUNOS IMPACTOS DETECTADOS:

- **Inundaciones** puntuales por razones topográficas (ZA), (-).
- Generación de **condiciones oxidantes** por embalsamiento (ZA), (-).
- **Impacto** en la **vegetación** nativa (ZA), (-)
- ...

Pozos y sondeos (Alcázar de San Juan, 1997...)



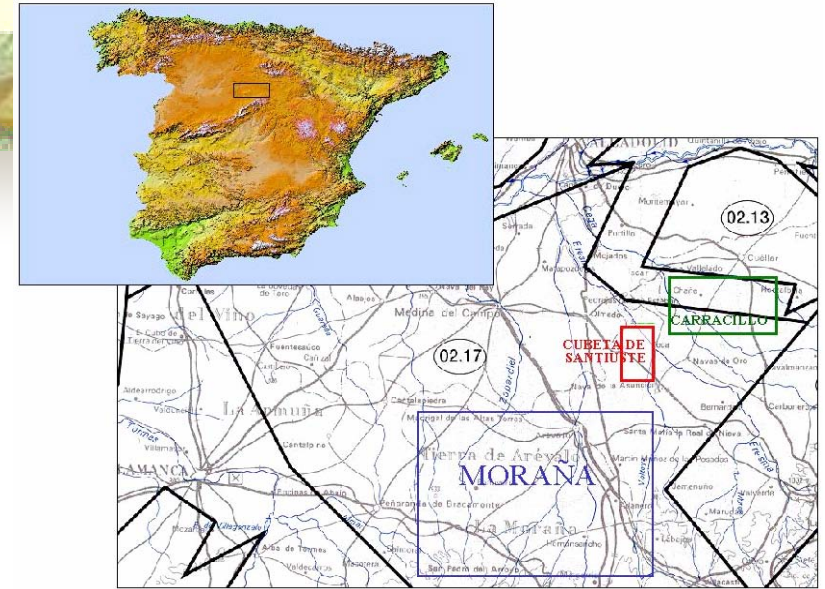
ALGUNOS IMPACTOS ADICIONALES:

- Alteraciones régimen natural de las **aguas superficiales y subterráneas** (ZI + ZA), (+ / -)
- Evolución de la **calidad** de las aguas (ZI), (+/-)
- Generación de **condiciones oxidantes** (ZA), (-)
-



Ámbito de Castilla y León

Moraña (Ávila)



Actuaciones **experimentales** con altos impactos en las “zonas de toma”

NUEVOS IMPACTOS IDENTIFICADOS:

- **Variación** del régimen hídrico d la **red fluvial** (ZI y ZA), (-).
- **Colmatación** del sondeo (ZA), (-).
-

Comarca del Carracillo (Segovia)



40.744 ml de canal, 3 balsas de infiltración, 1 humedal

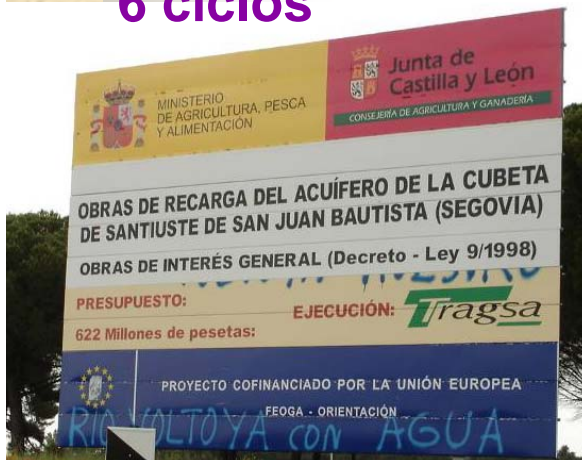


ALGUNOS IMPACTOS (DIA):

- Alteraciones régimen natural de las **aguas subterráneas** (ZI + ZA), (+ / -)
- Evolución de la **calidad** de las aguas (ZI), (+/-)
- Impacto **vegetación autóctona** (raíces pinos...) (ZI + ZA), (-)
- **Inundaciones en cultivos**....

Comarca de Santiuste (SG, VA)

27.524 ml de canal
5 balsas de infiltración
3 humedales
6 ciclos



7- Final caz. Aliviadero



5- Aliviadero Sanchón



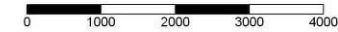
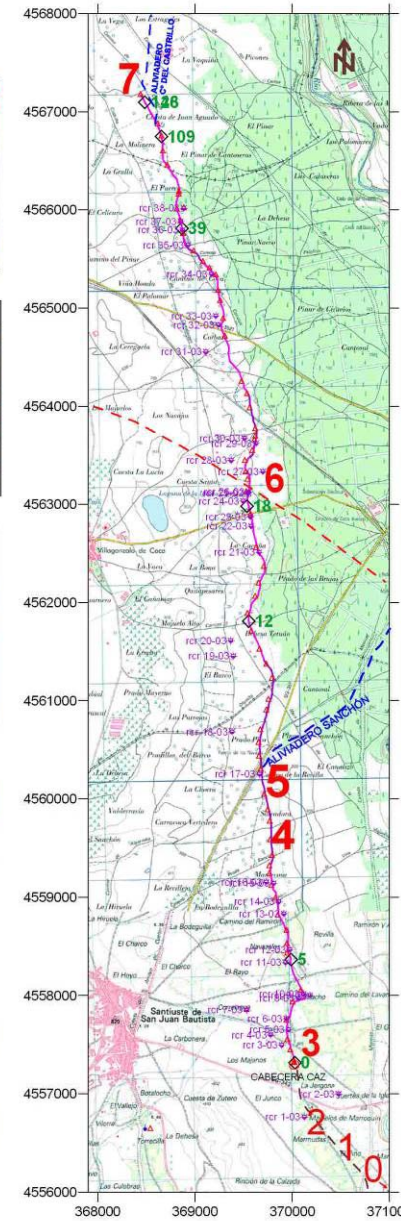
3- Cabecera caz



1- Tuberia de conducción



0- Toma de aguas del río Voltoya



LEYENDA:

- ◆ Núcleo urbano
- Red hidrográfica
- Carreteras
- Via tren AVE
- Caz de recarga
- ◆ Punto alcance del frente de AR y día
- Tramos de caz "inefectivos"
- Trazado de la tubería
- Cabecera caz
- △ Compuertas de parada
- Derivaciones
- ★ RED DE CONTROL DE RECARGA (RCR)

- longitud total del caz: 10.667 m.
- longitud del caz inefectiva: 3.027 m.
- longitud del caz efectiva: 7640 m.



6- Paso via AVE



4- Paradas y pasos



2- Chimeneas contra el golpe de ariete

- 0- Toma de aguas del río Voltoya
- 1- Tuberia de conducción
- 2- Chimeneas contra el golpe de ariete
- 3- Cabecera caz
- 4- Paradas y pasos
- 5- Aliviadero Sanchón
- 6- Paso via AVE
- 7- Final caz. Aliviadero

DISPOSITIVO DE RECARGA ARTIFICIAL

ESCALA 1:50.000

Cartografía digital de base: IGN 1:25.000



ALGUNOS IMPACTOS (EIA simplificada):

- Alteraciones régimen natural de las **aguas subterráneas** (ZI + ZA), (+ / -)
- **Caudal ambiental ríos** toma (ZI), (-)
- Introducción **elementos extraños**
-



Acequias de careo. Alpujarras

Actuaciones en 6 acequias de careo (de 14 con 125.224 ml)



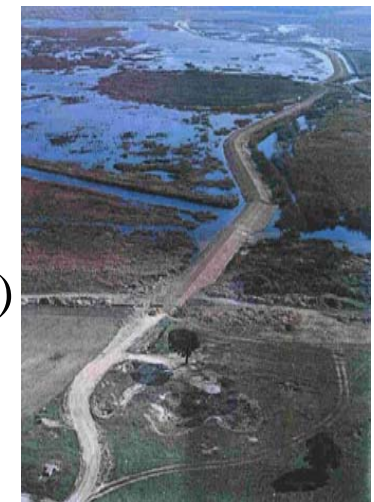
ALGUNOS IMPACTOS:

- **Riesgos geológicos** (deslizamientos) (ZI), (-)
- Necesidad **organización usuarios** (ZI), (+/-)
- Recuperación **elementos clave** (ZA), (+)
- Inundaciones
-



Regeneración hídrica humedales. PNTD

Tablas de Daimiel. RA con ocho sondeos + dispositivos hidráulicos



ALGUNOS IMPACTOS:

- Alteraciones régimen natural d las **aguas subterráneas** (ZI), (-)
- **Persistencia humedal** en acuífero sobreexplotado(ZA), (+)
- Deterioro **calidad química** aguas (reciclaje)
- **Impactos fauna y flora....**

Regeneración hídrica humedales Complejo Coca-Olmedo



Laguna de la Iglesia y de las Eras (Coca). Conducción desde canal



ALGUNOS IMPACTOS PUNTUALES:

- Alteraciones régimen natural de las **aguas subterráneas** (ZI + ZA), (+ / -)
- **Recuperación avifauna, bacterias halófilas...** (ZA), (+)
- **Impacto vegetación autóctona** x menor salinidad (ZA), (-)
-

Regeneración hídrica humedales.

Complejo Coca-Olmedo

IMPACTOS DE MAYOR ESCALA E INTENSIDAD:



1. Objetivos
2. EsIA. Identificación de impactos
 1. Impactos directos e indirectos de la recarga artificial
 2. Impactos directos de la construcción de las infraestructuras de recarga artificial
3. EIA.
 1. Diseño de indicadores medioambientales
 2. Diseño de un polígono de evaluación multicriterio específico
 3. Aplicación EI-MAR
4. Conclusiones



Regadío: De la noria a la bomba...



Canales de drenaje para la desecación de humedales



Cambios de usos del suelo



Vertidos, estiércol, escombros...



Elementos extraños...

Más de 15 EsIA. Y ahora...

¿qué hago con tanto impacto identificado?

Compendio >>> Conveniencia de elaborar listados de chequeo para futuros EsIA

>> Id. Im.- Listados de chequeo

1- Preoperacional

1. Objetivos
2. EsIA. Identificación de impactos
 1. Impactos directos e indirectos de la recarga artificial
 2. Impactos directos de la construcción de las infraestructuras de recarga artificial
3. EIA.
 1. Diseño de indicadores medioambientales
 2. Diseño de un polígono de evaluación multicriterio específico
 3. Aplicación EI-MAR
4. Conclusiones

IDENTIFICACION	CHEQUEO
Presencia de humedales <u>hidrodependientes</u> de las aguas subterráneas (acuíferos) (ZI y ZA)	
Alteraciones en las pautas hidrodinámicas de la red de drenaje superficial y láminas de agua hipogénicas (ZI y ZA).	
Regadío con aguas subterráneas (ZI y ZA).	
Incremento en los costes de extracción de aguas por descenso del nivel freático (ZA).	
Empleo de fertilizantes (ZA).	
Empleo de pesticidas (ZA).	
Empleo de purines (ZA).	
Empleo de otros compuestos orgánicos (ZA).	
Presencia de vectores orgánicos (ZI).	
Presencia de contaminación difusa (ZI y ZA).	
Incremento de la erosión del suelo (ZA).	
Erosiones de las orillas de los humedales (ZI y ZA).	
Introducción de especies animales exóticas (ZI).	
Introducción de especies vegetales exóticas (ZI).	
Presencia de cultivos alrededor (ZA).	
Prácticas agrícolas en las zonas de recarga (ZI).	
Laboreo (ZA).	
Drenajes (ZA).	

Listados de chequeo

2- sinoperacional

IDENTIFICACION	CHEQUEO
Existencia de perímetro de protección. (ZA), (+/-).	
Urbanización dentro del perímetro de protección, (ZA).	
Incremento del volumen de agua almacenado en el acuífero (ZA), (+).	
Modificaciones en la calidad de las aguas del acuífero (ZA), (+/-).	
Incidencia en el medio de las estructuras de recarga (ZA), (-).	
Inundaciones puntuales por razones topográficas (ZA), (-).	
Frecuencia de inundaciones por razones meteorológicas (ZI/ZA), (-).	
Colmatación de las paredes y fondo del caz de recarga (ZA), (-).	
Compactación de los limos del lecho (ZA), (-).	
Altura de la lámina de agua (ZA), (-).	
Descenso de la permeabilidad del lecho por decantación de partículas finas (ZA), (-).	
Erosión de los taludes (ZA), (-).	
Desprendimientos/deslizamientos en taludes (ZA), (-).	
Tránsito de tractores y maquinaria agrícola (ZA), (+/-).	
Variación del régimen hídrico de la red fluvial global (ZI y ZA), (-).	
Evolución de la calidad de las aguas (ZA), (+).	
Evolución de la contaminación difusa (ZA), (+).	
De los metales pesados (ZI y ZA), (+/-).	
De la salinidad (ZA), (+).	
De la alcalinidad (ZA), (+/-).	

Listados de chequeo.

3- Postoperacional

IDENTIFICACION	CHEQUEO
Aprovechamiento de recursos hidráulicos excedentes (ZI), (+).	
Formación de nuevas comunidades vegetales y faunísticas en torno al azud (ZA), (-/+).	
Creación de nuevos humedales. (ZI y ZA), (+).	
Modificación del paisaje en torno al azud (ZA), (-/+).	
Recuperación de humedales en la zona de recarga. (ZI y ZA), (+).	
Rentabilización de las inversiones en instalaciones electromecánicas de los pozos de la zona (ZA), (+).	
Recuperación del nivel económico (ZI y ZA), (+).	
Estabilización de la población en las zonas rurales afectadas (ZI y ZA), (+).	
Modificación del régimen fluvial del río <u>Voltova</u> (ZI y ZA), (-).	
Modificación del nivel freático del río. (ZI y ZA), (-).	
Alteración de cubierta vegetal en la zona ocupada por el azud. (ZI y ZA), (-).	
Ocupación permanente por la conducción de suelos con especies arbóreas de raíz profunda (ZA), (-/+).	
Perturbación de las comunidades faunísticas. (ZI y ZA), (-).	
Alteración de la cubierta vegetal en dispositivos (ZI y ZA), (-).	
De conducción.	
De distribución.	
De pretratamiento.	
Etc. (-).	
Problemas de colmatación de los dispositivos de recarga (ZA), (-).	

3- EIA: Diseño de indicadores medioambientales

Sistema PER



1. Objetivos
2. EsIA. Identificación de impactos
 1. Impactos directos e indirectos de la recarga artificial
 2. Impactos directos de la construcción de las infraestructuras de recarga artificial
3. EIA
 1. Diseño de indicadores medioambientales
 2. Diseño de un polígono de evaluación multicriterio específico
 3. Aplicación EI-MAR
4. Conclusiones

10 indicadores de estado y 10 de presión:

INDICADOR	RANGE	WEIGHT	CORRECTIVE FACTOR (IF APPLIES)	TOTAL
1.-AQUIFER OVEREXPLOITATION BY IRRIGATION.	0-25%	0/50/75/100	X1/X2/X4/X8	
2.- TOC IN THE WATERS OF AR	0->8	25/50/75/100		
3.- MODERNIZATION AND IMPROVEMENTS OF AR AND IRRIGATION DEVICES.				0-100
4.-EFICIENCY IN WATER USE.				100-0
5.-SOCIOECONOMIC EVALUATION	< o >			
6.-POLITICAL PROCEDENCE/BACKDROP OF THE ACTIVITY		% SUCCESS PROPOSITION		
7.- PROXIMITY TO THE DEVICE OF AR.		T ₁		
8.- AREA OF INFLUENCE		m		
9.- PRESENCE OF ECOSYSTEMS WHICH DEPENDS ON GW AND TEMPERATURE		P/A		
10.- RELATIONSHIP OF WETLANDS WITH OTHER AQUIFERS, SPRINGS, WETLANDS, ETC.		< o >		
TOTAL				

INDICADOR	RANGE	WEIGHT	CORRECTIVE FACTOR (IF APPLIES)	TOTAL
1.- AQUIFER CONTAMINATED BY NITRATES (A1MIMAM, 1997)		25/50/75/100		
2.- RIVERS AND WETLANDS WITH GOOD QUALITY ACCORDING TO THE BIOTIC INDEX BMWP (A3MIMAM, 1997)	P/A	0/100		
3 QUALITY GENERAL INDEX (ICG, A4 MIMAM, 1997):	E/B/A/A	0-100		0-100
4.- CHARACTERIZATION OF THE VULNERABILITY OF DIFFUSE CONTAMINATION (CRIPTAS)	0-201	25/50/75/100		
5.- AQUIFERS AFFECTED BY CONTINENTAL SALINE INTRUSION (A2 MIMAM, 1997 MODIFIED)	0->500	25/50/75/100		
6.- GROUNDWATER SALINIZATION	0->500	25/50/75/100		
7.- TURBIDITY AND TOTAL OF DISSOLVED SOLIDS (TSD) IN THE WATER OF AR.	0->30	25/50/75/100		
8.- GROUNDWATER TABLE IN OBSERVATION WELLS	>4-<2	25/50/75/100	x 2 if 10 < K < 100 x 3 if 100 < K < 1000	
9.- DIFFERENCE OF AVERAGE TABLE BETWEEN THE PHREATIC LEVEL AND AR LEVEL IN EACH HYDROENVIRONMENT UNIT	>4-<2	25/50/75/100	x 2 if 10 < K < 100 x 3 if 100 < K < 1000	
10.- SOIL CLAY PERCENTAGE. CHANNEL CLOGGING INDICATOR	0->20	25/50/75/100		
TOTAL				

Table 2. Design of the table used for the calculation of the environmental indicators of state system.

3- EIA

INTEGRACIÓN DE LOS INDICADORES EN UN POLÍGONO DE EVALUACIÓN MULTICRITERIAL ESPECÍFICO

Premisas de diseño:

- **Carácter matricial**
- Aplicación de un sistema de **rangos-pesos**
- Aplicación de **factores de corrección** en función de la **escala y magnitud**
- **Cada nivel de ponderación** tiene asignado un **color**
- **Temporalidad vinculada a las operaciones de MAR**
- Resultado doble (indicadores de consecución del objetivo):
 - **Valor numérico.** Dependiente de la evolución del elemento en regeneración
 - **Polígono envolvente**
- **De fácil actualización ¿anual?**
- **Aplicable a otros escenarios**

1.	Objetivos
2.	EsIA. Identificación de impactos
1.	Impactos directos e indirectos de la recarga artificial
2.	Impactos directos de la construcción de las infraestructuras de recarga artificial
3.	EIA.
1.	Diseño de indicadores medioambientales
	Diseño de un polígono de evaluación multicriterio específico
3.	Aplicación EI-MAR
4.	Conclusiones

Integración de los 20 indicadores en el variograma...

Resultado:

STATE / PRESSURE INDICATORS	<	ASSESEMENT LEVEL			>
1). Rivers and wetlands with good quality according with the biotic index (BMWP).					
2). Quality General Index (ICG).					
3). Aquifers contaminated by nitrates.					
4). Charazterization of the vulnerability to diffuse contamination (CRIPTAS).					
5). Salinization of aquifers by continental saline intrusion.					
6). Groundwater salinization.					
7). Assesment of turbidence and TDS in waters devoted for AR.					
8). Level of water in observation wells.					
9). Difference of levels between water table and the level of water fpr recharge.					
10). Soil fines percentage. Initial index of clogging.					
1). Aquifer overexploitation by irrigation					
2). Nutrient balance in recharge waters					
3). Modernization and improvements of the devices					
4). Eficciency in water use					
5). Socioeconomic evaluation					
6). Political origin of the activity					
7). Proximity to the device of AR.					
8). Area of influence.					
9). Presency of hydrodependences or termodependences ecosystems.					
10). Relationship of the wetlands whit other wetlands, springs, lagoons, etc.					

Ejemplo de aplicación: Laguna de la Iglesia (Coca, Segovia). Febrero de 2004 y febrero de 2005 (MAR)

INDICADORES DE ESTADO/PRESIÓN	NIVEL DE PONDERACIÓN	
	<	>
1). Ríos y humedales con buena calidad según los índices británicos (Índice BMWF).		100
2). Índice de calidad general (Índice ICG).		100
3). Acuíferos contaminados por nitratos.	112	
4). Caracterización de la vulnerabilidad ante la contaminación difusa (CRIFIAS).		151
5). Acuíferos salinizados por intrusión salina continental.		458
6). Salinización de las aguas subterráneas.		458
7). Evaluación del valor de la turbidez y Total de Sólidos Disueltos (TSD) en el agua de recarga.	< 25	
8). Nivel del agua en las piezómetros de observación.	3,2	
9). Diferencia de cota media entre el nivel freático y el nivel del agua de recarga en cada UHA.		2,8
10). Porcentaje de fisas en el suelo, indicador inicial de la colmatación.	14%	
11). Sobreexplotación de acuíferos por el riego.	50****	
12). Balance de nutrientes en las aguas de recarga.	50****	
13). Modernización y mejora de los dispositivos.	50****	
14). Eficacia del uso del agua.	50****	
15). Evaluación socioeconómica.	50****	
16). Procedencia política de la actividad.	50****	
17). Cercanía al dispositivo de recarga.	50****	
18). Radio de influencia.	50****	
19). Presencia de ecosistemas hidrodependientes y termodependientes.		100
10). Relación de los humedales con otros acuíferos, manantiales, humedales, lagunas, etc.		100



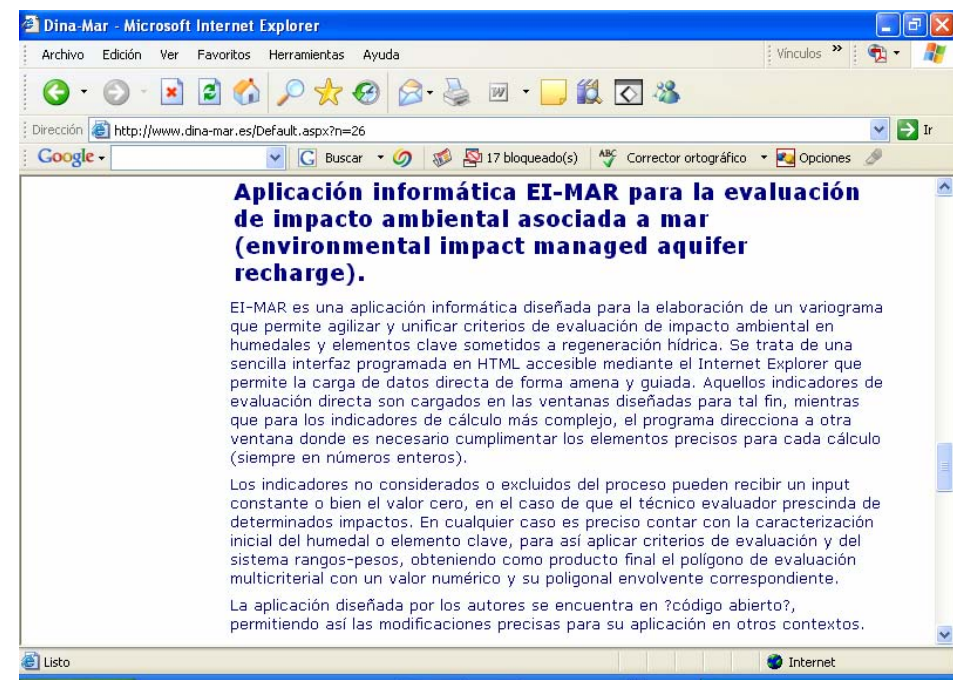
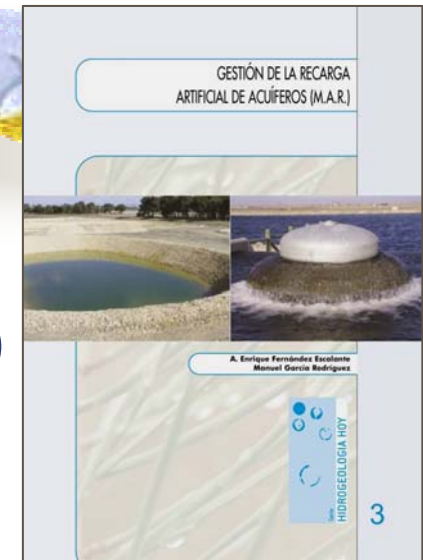
INDICADORES DE ESTADO/PRESIÓN	NIVEL DE PONDERACIÓN	
	<	>
1). Ríos y humedales con buena calidad según los índices británicos (Índice BMWF).	50****	
2). Índice de calidad general (Índice ICG).	50****	
3). Acuíferos contaminados por nitratos.	112	
4). Caracterización de la vulnerabilidad ante la contaminación difusa (CRIFIAS).		151
5). Acuíferos salinizados por intrusión salina continental.		458
6). Salinización de las aguas subterráneas.		458
7). Evaluación del valor de la turbidez y Total de Sólidos Disueltos (TSD) en el agua de recarga.	< 25	
8). Nivel del agua en las piezómetros de observación.	3,2	
9). Diferencia de cota media entre el nivel freático y el nivel del agua de recarga en cada UHA.		2,8
10). Porcentaje de fisas en el suelo, indicador inicial de la colmatación.	14%	
11). Sobreexplotación de acuíferos por el riego.	50****	
12). Balance de nutrientes en las aguas de recarga.	50****	
13). Modernización y mejora de los dispositivos.	50****	
14). Eficacia del uso del agua.	50****	
15). Evaluación socioeconómica.	50****	
16). Procedencia política de la actividad.	50****	
17). Cercanía al dispositivo de recarga.	50****	
18). Radio de influencia.	50****	
19). Presencia de ecosistemas hidrodependientes y termodependientes.	50	
10). Relación de los humedales con otros acuíferos, manantiales, humedales, lagunas, etc.	50	



EIA: 2.035 (2004) >> 1.835 (2005 –MAR-)

¿Se debería automatizar?

Accesible: Texto e Internet (www.dina-mar.es)



<http://www.dina-mar.es/Default.aspx?n=26>

4- Conclusiones

- Los **EsIA en dispositivos MAR** contribuyen a su **mayor aceptación en los esquemas de gestión hídrica**, si bien encarece costes
- A tenor del **contexto legal**, la **técnica se va implantando progresivamente**
- Los **impactos** detectados tienen con **mayor frecuencia signos positivos** que negativos, tanto en el **espacio** como en el **tiempo**
- El **impacto de mayor intensidad y magnitud** en operaciones MAR es la **afección a las aguas subterráneas**
- La técnica **MAR** resulta **sobresaliente** en cuanto a **usos medioambientales**
- Los **EsIA** deberían **abordar aspectos relativos al desmantelamiento final de la obra** al término de su vida útil.
- Los **ind. medioambientales** diseñados permitirán **vigilar la evolución de todos los elementos** que operan sobre el sistema de AR y sus relaciones, **de manera cuantificable y con criterios objetivos**
- Los **listados de chequeo y el sistema de indicadores** constituyen una **novedad**, y permiten conocer:
 - Gestión correcta de las actuaciones (ind. de **consecución del objetivo**)
 - Herramienta de **toma de decisiones**

Posibilidad EIA mediante la aplicación informática EI-MAR, de código abierto



Jornadas sobre
EL AGUA Y LAS INFRAESTRUCTURAS EN EL
MEDIO SUBTERRÁNEO

Agradecimientos

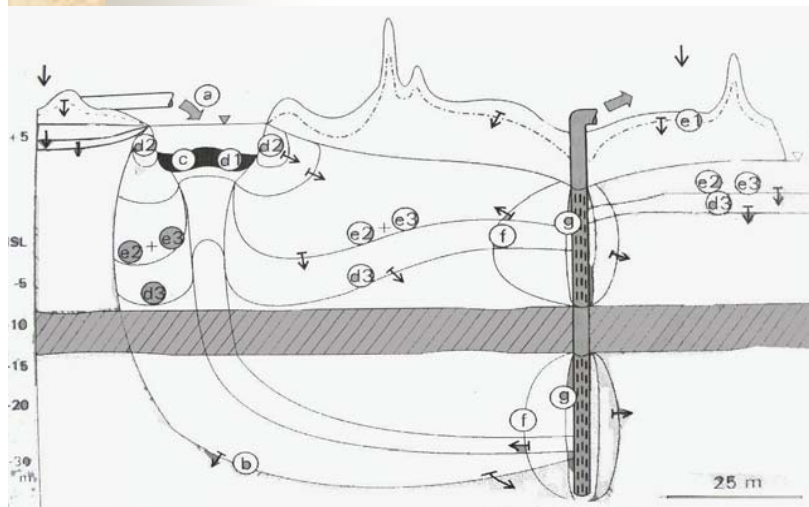
- Proyecto de I+D+i DINA-MAR (*Depth Investigations New Areas for Managed Aquifer Recharge*) C.P. 30-13.053 del Grupo Tragsa
- A todos Vds



Metodologías paralelas: *CHES* (Stuyfzand, 2002)

HydroCHEmical SuStainability:

“Las operaciones de AR son sostenibles cuando los efectos beneficiosos son renovables y continuos indefinidamente, sin efectos indeseables en sistemas adyacentes”



Incremento de carga en suspensión y caudal.

Desplazamiento del agua nativa.

Acumulación de lodos.

d1 procesos contaminantes en el lodo.

d2 procesos contaminantes junto a los dispositivos de AR.

d3 procesos contaminantes en el acuífero.

g procesos colmatantes junto al sistema de extracción.

e1 descalcificación.

e2 procesos oxidantes.

e3 pérdida de la capacidad de sorción.

f elusión de finos cerca de los dispositivos de recuperación.

Metodologías paralelas: Código ANZECC

Plan de Acción Nacional (EWRI-ASCE, 2001) Elementos específicos que deben ser controlados con los indicadores diseñados que han sido dotados de un código (ANZECC Code), agrupados según su ámbito de aplicación, bien para aguas continentales o para el medio receptor.

ÁMBITO DE APLICACIÓN	Código ANZECC	Indicador medioambiental
MEDIO RECEPTOR	L1	Cambios en usos del suelo
	L2	Potencial de erosión
	L4	Áreas con niveles freáticos ascendentes
	L5	Áreas afectadas por salinidad
AGUAS CONTINENTALES	IW1	Relación entre extracciones del nivel del agua y disponibilidad
	IW2	Guías para el control de calidad de los excedentes hídricos
	IW3	Extensión de la vegetación de amplia expansión radicular
	IW4	Relación entre extracciones de aguas superficiales y disponibilidad
	IW7	Salinidad del agua superficial
	IW8	Guías para el control de calidad de los excedentes hídricos de aguas superficiales
	IW13	"Salud del río" (AUSRIVAS)