

An aerial photograph showing a series of interconnected artificial recharge ponds in a dry, hilly landscape. The ponds are filled with water and are surrounded by earthen embankments. The surrounding terrain is brown and sparsely vegetated, indicating an arid or semi-arid environment. The sky is overcast with grey clouds.

# **RECARGA ARTIFICIAL DE ACUIFEROS**

## **GESTIÓN DE LA RECARGA DE ACUÍFEROS (MAR)**

**ASPECTOS TEÓRICOS**

**ELABORACIÓN DE UN PROYECTO DE RECARGA ARTIFICIAL**

**TIPOS DE INSTALACIONES DE RECARGA ARTIFICIAL**

**CASOS FUERA DE ESPAÑA**

**CASOS ESPAÑOLES**

# **SE DESIGNA COMO RECARGA ARTIFICIAL DE ACUÍFEROS A:**

**Cualquier procedimiento mediante el cual se introduce agua en el terreno (Bize et al, 1972).**

**La introducción forzada (no natural) de agua en un acuífero para aumentar la disponibilidad y/o mejorar la calidad de agua subterránea.**

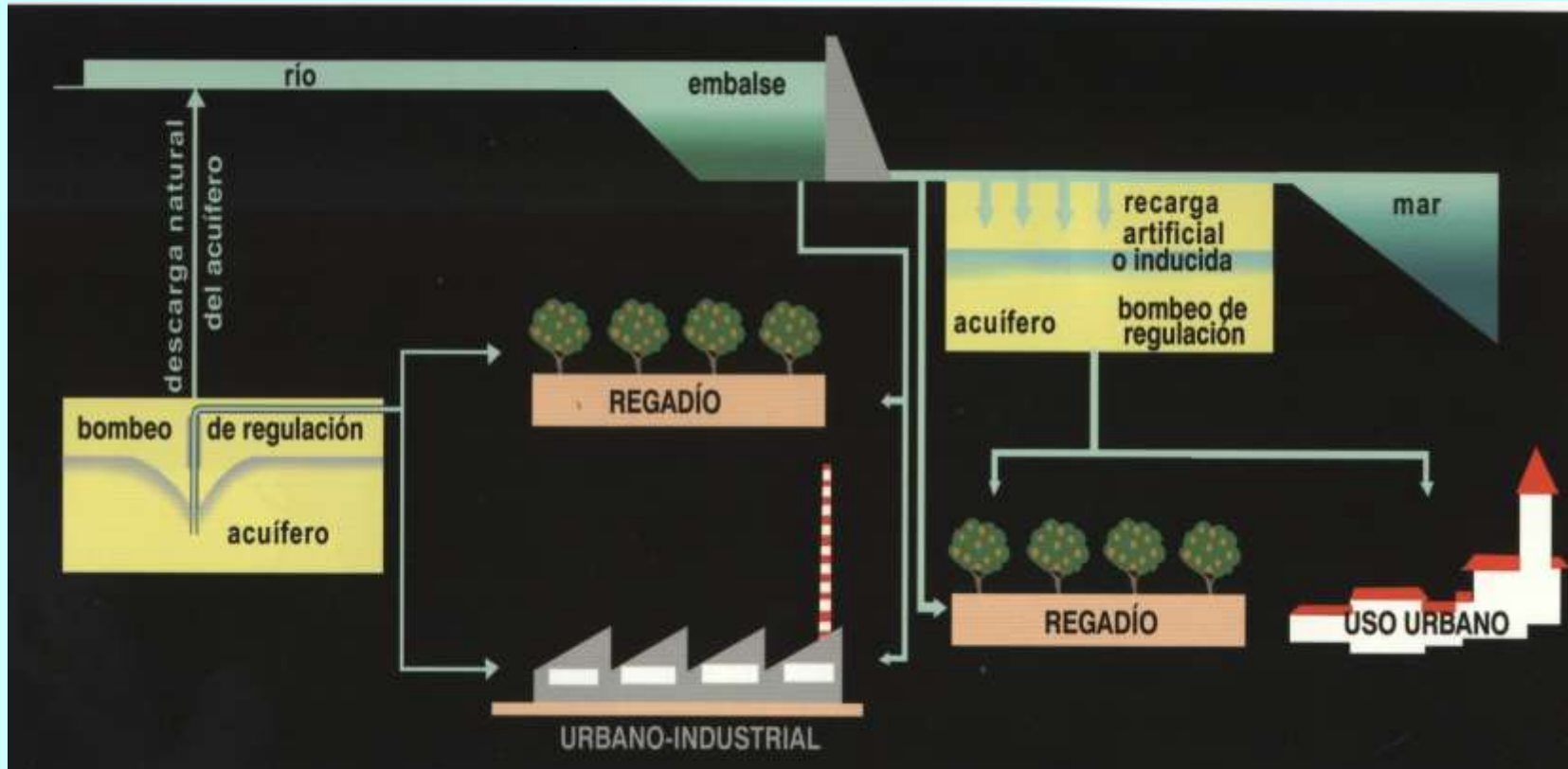
**Un conjunto de técnicas cuyo objetivo principal es permitir una mejor explotación de los acuíferos por aumento de sus recursos y creación de reservas, mediante una intervención directa o indirecta en el ciclo natural del agua (MOPU, 1986).**

**Un conjunto de técnicas que permiten, mediante intervención programada e introducción directa o inducida de agua en un acuífero, incrementar el grado de garantía y disponibilidad de los recursos hídricos, así como actuar sobre su calidad (ITGE, 1991).**

# SE DESIGNA COMO RECARGA ARTIFICIAL DE ACUÍFEROS A:

Un elemento más para la gestión del sistema de explotación de recursos hídricos.

Una alternativa para atender la demanda de agua.



**La tecnología de la recarga artificial de acuíferos pretende contribuir,**

**SIEMPRE QUE TÉCNICA Y  
ECONÓMICAMENTE SEA FACTIBLE,**

**a una gestión más racional de la potencialidad hídrica que presenta una determinada demarcación hidrográfica o sistema de explotación.**

# OBJETIVOS PERSEGUIDOS POR LA TÉCNICA DE LA RECARGA ARTIFICIAL DE ACUÍFEROS

Comúnmente se aceptan dos objetivos fundamentales:

**EL PRIMERO DE ELLOS HACE REFERENCIA AL ALMACENAMIENTO DE AGUA SUBTERRÁNEA Y AL INCREMENTO DE RECURSOS HÍDRICOS DISPONIBLES QUE GENERA LA RECARGA ARTIFICIAL.**

**EL SEGUNDO SE RELACIONA CON LA CALIDAD DEL AGUA, TANTO EN LA FACETA QUE SUPONE LA PREVENCIÓN O CORRECCIÓN DE SU DETERIORO, COMO EN AQUELLA OTRA QUE SE PRESENTA LIGADA A ASPECTOS RELACIONADOS CON EL TRATAMIENTO Y LA DEPURACIÓN DEL AGUA QUE SE INTRODUCE EN LA FORMACIÓN PERMEABLE.**

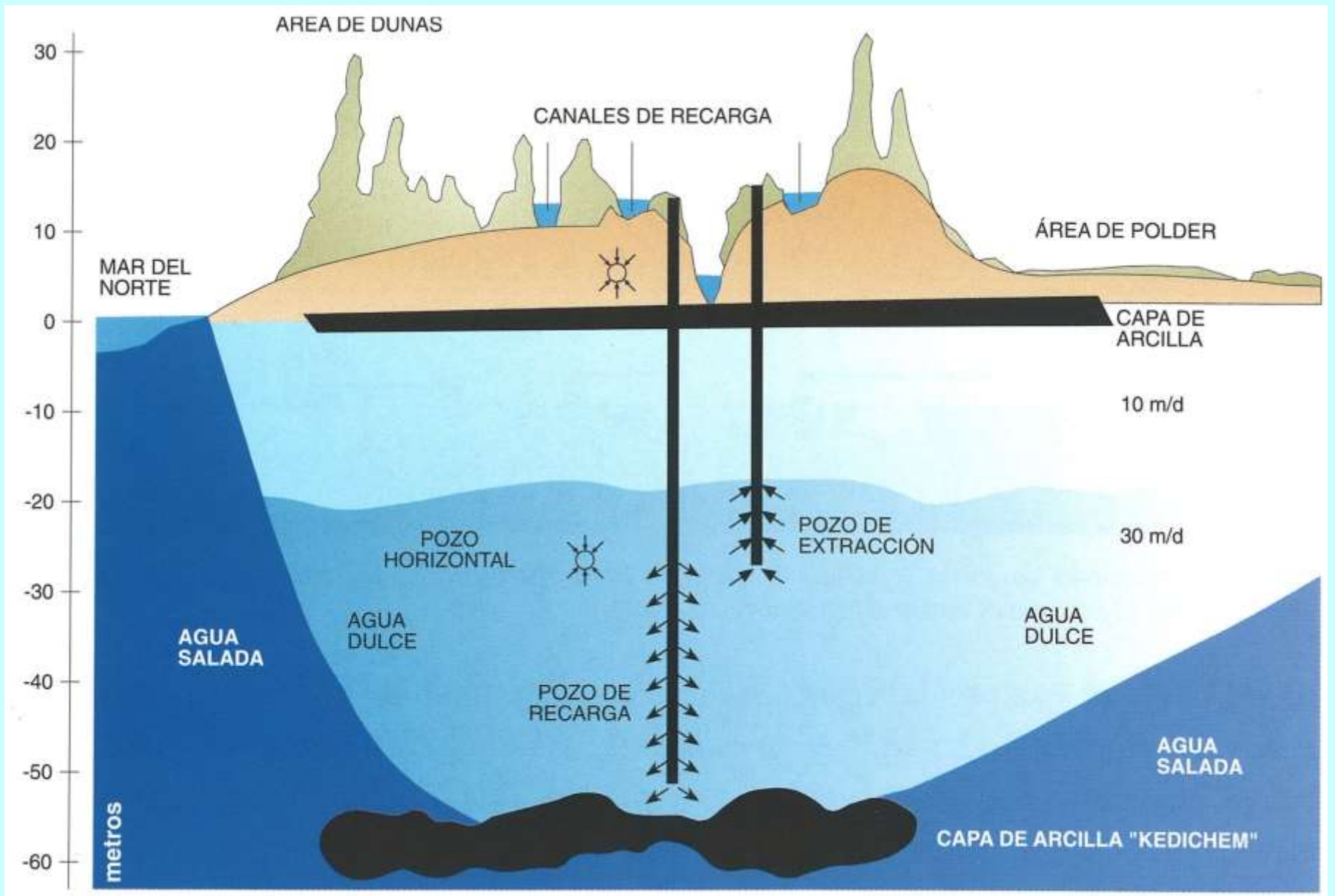
# CAMPOS DE UTILIZACIÓN DE LA TECNOLOGÍA DE LA RECARGA ARTIFICIAL DE ACUÍFEROS

Es posible citar la siguiente relación de aplicaciones:

- **ALMACENAMIENTO SUBTERRÁNEO DE ESCORRENTÍAS SUPERFICIALES NO REGULADAS.**
- Reducción o eliminación del descenso piezométrico.
- Reducción de costes de transporte, almacenamiento o bombeo.
- Actuaciones sobre problemas de subsidencia.
- Disminución o corrección de problemas de intrusión marina.
- Aprovechamiento de las propiedades del suelo y de la zona no saturada como elemento de tratamiento tanto para aguas potables como residuales.
- Dilución del excesivo contenido en nitratos, cloruros u otros constituyentes químicos de las aguas de determinados acuíferos.
- Compensar la pérdida de recarga natural en un acuífero causada por actividades humanas tales como encauzamientos, derivaciones de agua o construcción de obras civiles







# CAMPOS DE UTILIZACIÓN DE LA TECNOLOGÍA DE LA RECARGA ARTIFICIAL DE ACUÍFEROS

Es posible citar la siguiente relación de aplicaciones:

- Almacenamiento subterráneo de escorrentías superficiales no reguladas.
- **REDUCCIÓN O ELIMINACIÓN DEL DESCENSO PIEZOMÉTRICO.**
- Reducción de costes de transporte, almacenamiento o bombeo.
- Actuaciones sobre problemas de subsidencia.
- Disminución o corrección de problemas de intrusión marina.
- Aprovechamiento de las propiedades del suelo y de la zona no saturada como elemento de tratamiento tanto para aguas potables como residuales.
- Dilución del excesivo contenido en nitratos, cloruros u otros constituyentes químicos de las aguas de determinados acuíferos.
- Compensar la pérdida de recarga natural en un acuífero causada por actividades humanas tales como encauzamientos, derivaciones de agua o construcción de obras civiles

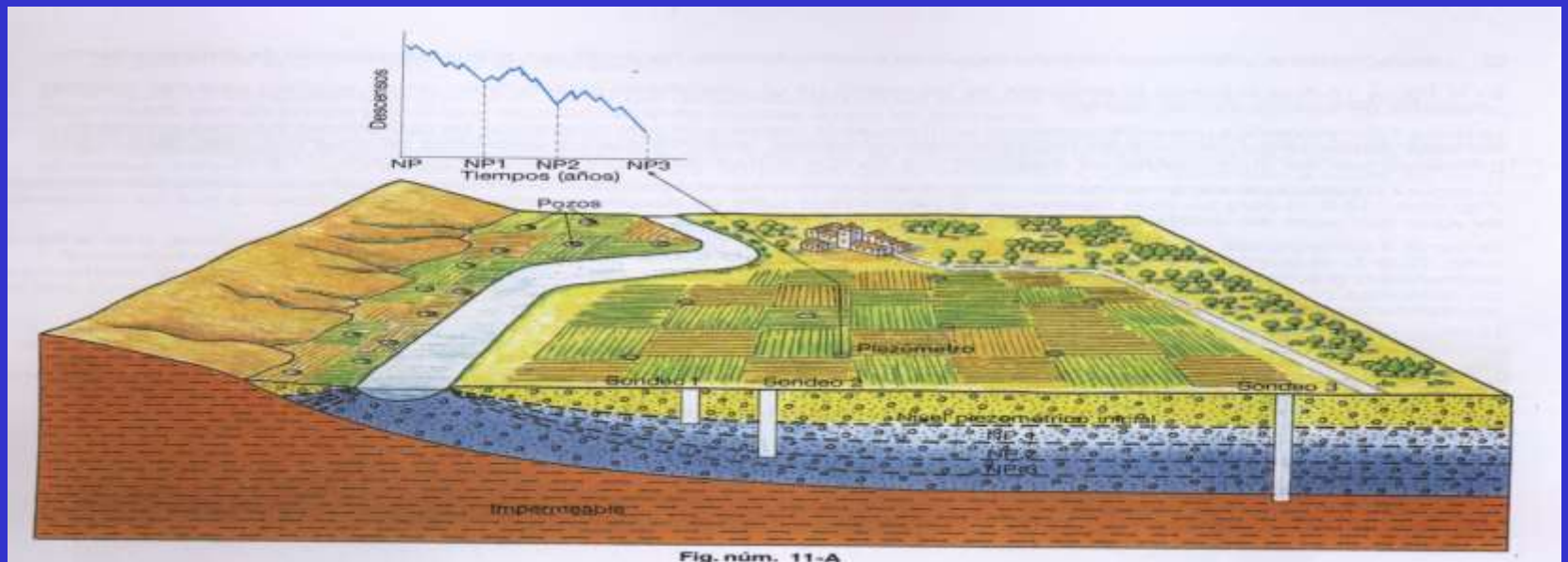


Fig. núm. 11-A

## REDUCCIÓN O ELIMINACIÓN DEL DESCENSO PIEZOMÉTRICO

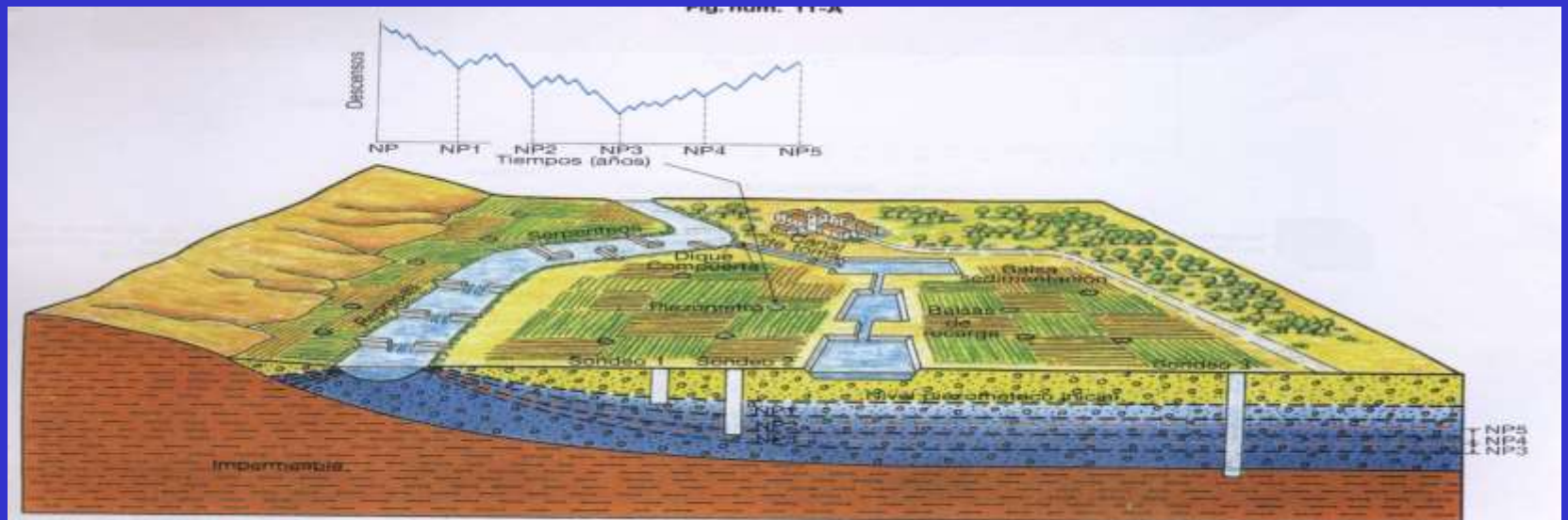


Fig. núm. 11-B

NP3-NP4-NP5 Aumento del nivel piezométrico debido al efecto de la recarga artificial

# CAMPOS DE UTILIZACIÓN DE LA TECNOLOGÍA DE LA RECARGA ARTIFICIAL DE ACUÍFEROS

Es posible citar la siguiente relación de aplicaciones:

- Almacenamiento subterráneo de esorrentías superficiales no reguladas.
- Reducción o eliminación del descenso piezométrico.
- **REDUCCIÓN DE COSTES DE TRANSPORTE, ALMACENAMIENTO O BOMBEO.**
- Actuaciones sobre problemas de subsidencia.
- Disminución o corrección de problemas de intrusión marina.
- Aprovechamiento de las propiedades del suelo y de la zona no saturada como elemento de tratamiento tanto para aguas potables como residuales.
- Dilución del excesivo contenido en nitratos, cloruros u otros constituyentes químicos de las aguas de determinados acuíferos.
- Compensar la pérdida de recarga natural en un acuífero causada por actividades humanas tales como encauzamientos, derivaciones de agua o construcción de obras civiles

# REDUCCIÓN DE COSTES DE TRANSPORTE, ALMACENAMIENTO O BOMBEO

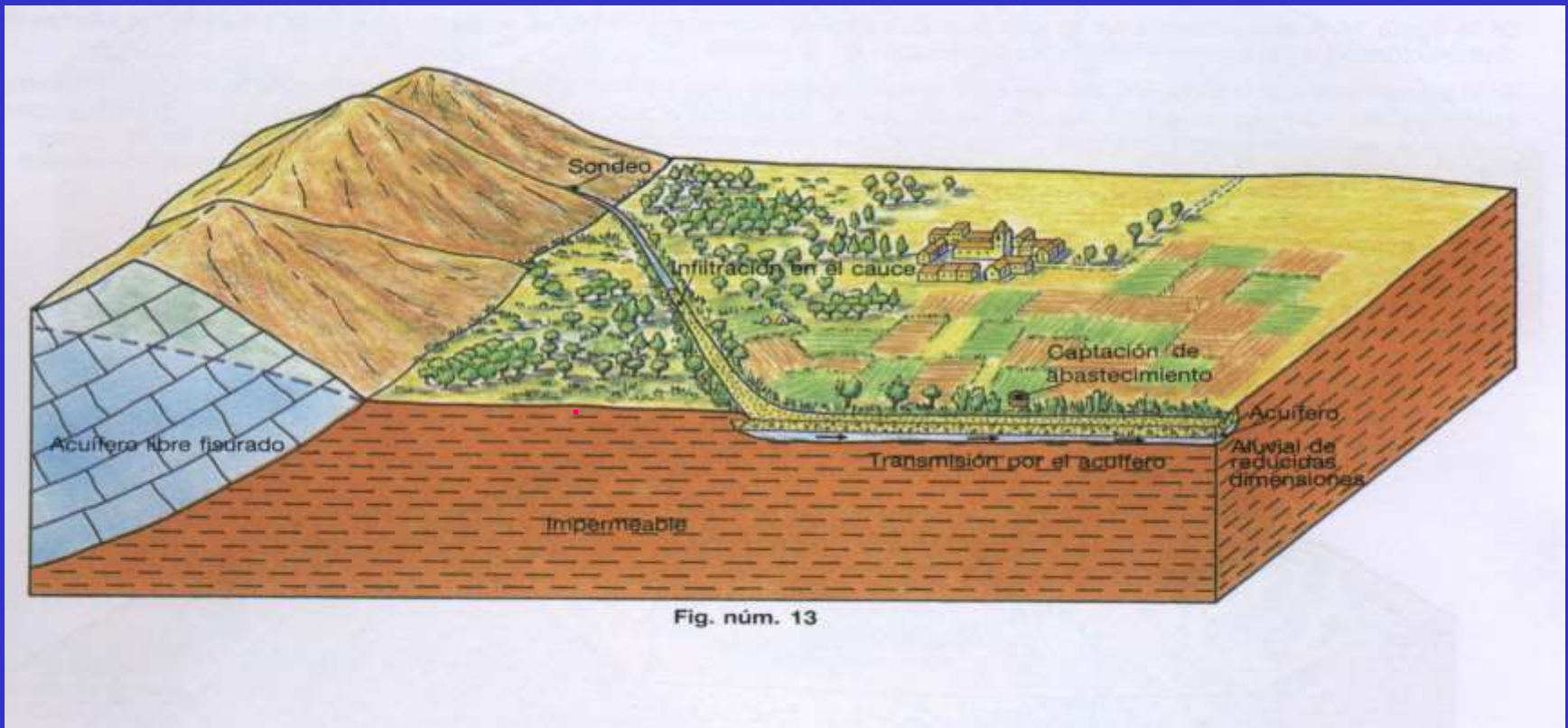
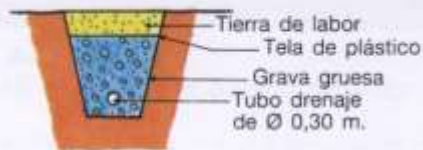
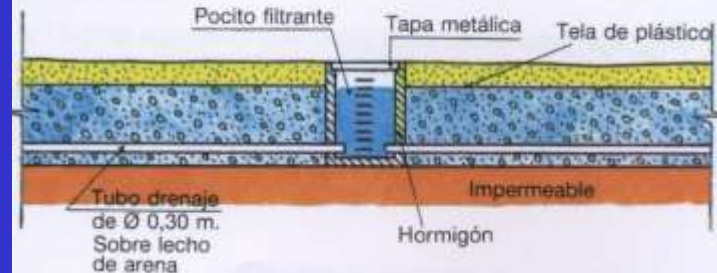


Fig. núm. 13

## SECCION TRANSVERSAL ZANJA



## SECCION LONGITUDINAL



# CAMPOS DE UTILIZACIÓN DE LA TECNOLOGÍA DE LA RECARGA ARTIFICIAL DE ACUÍFEROS

Es posible citar la siguiente relación de aplicaciones:

- Almacenamiento subterráneo de esorrentías superficiales no reguladas.
- Reducción o eliminación del descenso piezométrico.
- Reducción de costes de transporte, almacenamiento o bombeo.
- **ACTUACIONES SOBRE PROBLEMAS DE SUBSIDENCIA.**
- Disminución o corrección de problemas de intrusión marina.
- Aprovechamiento de las propiedades del suelo y de la zona no saturada como elemento de tratamiento tanto para aguas potables como residuales.
- Dilución del excesivo contenido en nitratos, cloruros u otros constituyentes químicos de las aguas de determinados acuíferos.
- Compensar la pérdida de recarga natural en un acuífero causada por actividades humanas tales como encauzamientos, derivaciones de agua o construcción de obras civiles



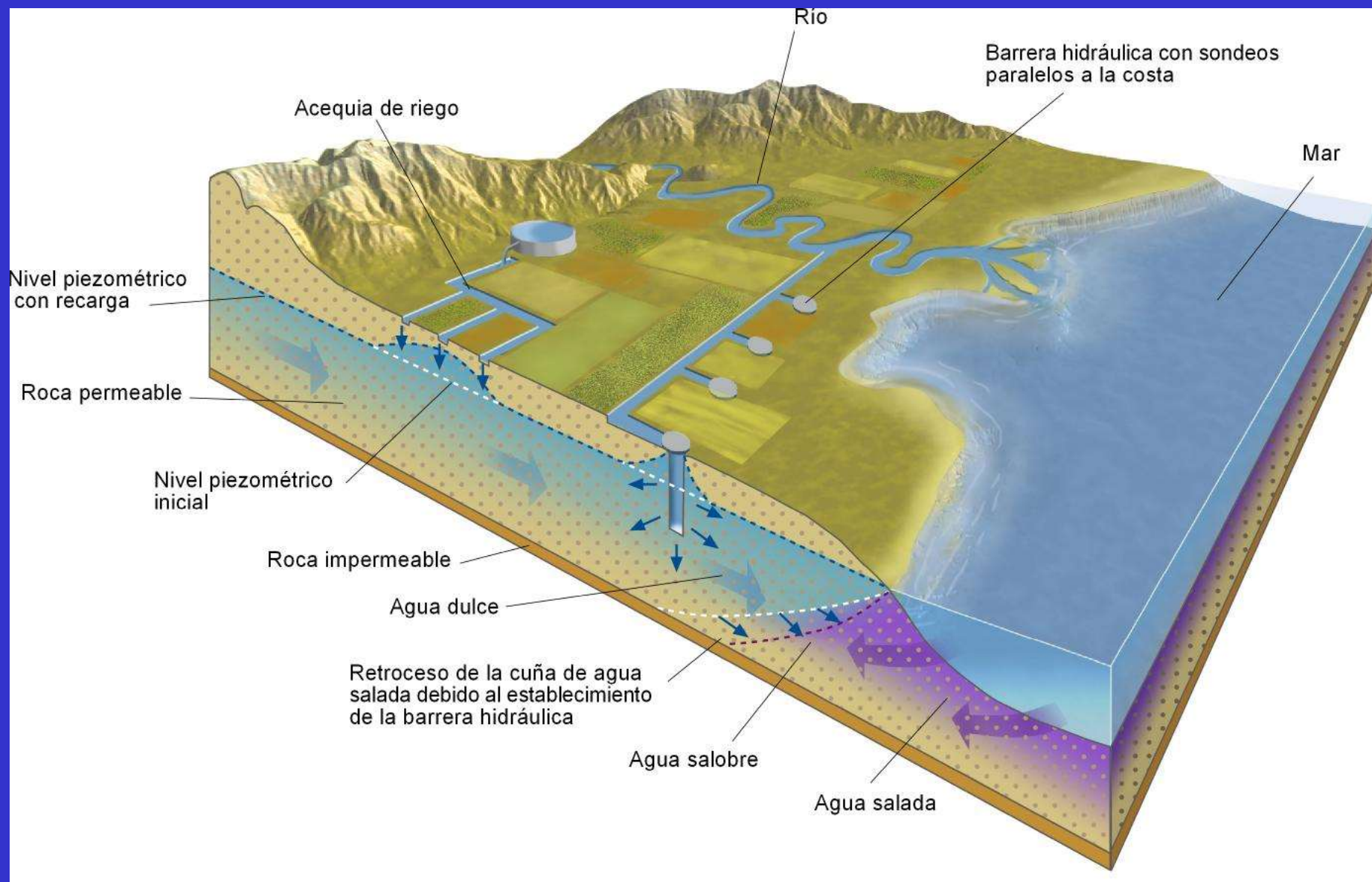
# CAMPOS DE UTILIZACIÓN DE LA TECNOLOGÍA DE LA RECARGA ARTIFICIAL DE ACUÍFEROS

Es posible citar la siguiente relación de aplicaciones:

- Almacenamiento subterráneo de escorrentías superficiales no reguladas.
- Reducción o eliminación del descenso piezométrico.
- Reducción de costes de transporte, almacenamiento o bombeo.
- Actuaciones sobre problemas de subsidencia.
- **DISMINUCIÓN O CORRECCIÓN DE PROBLEMAS DE INTRUSIÓN MARINA.**
- Aprovechamiento de las propiedades del suelo y de la zona no saturada como elemento de tratamiento tanto para aguas potables como residuales.
- Dilución del excesivo contenido en nitratos, cloruros u otros constituyentes químicos de las aguas de determinados acuíferos.
- Compensar la pérdida de recarga natural en un acuífero causada por actividades humanas tales como encauzamientos, derivaciones de agua o construcción de obras civiles



# DISMINUCIÓN O CORRECCIÓN DE PROBLEMAS DE INTRUSIÓN MARINA



# Barrera hidráulica contra la intrusión marina

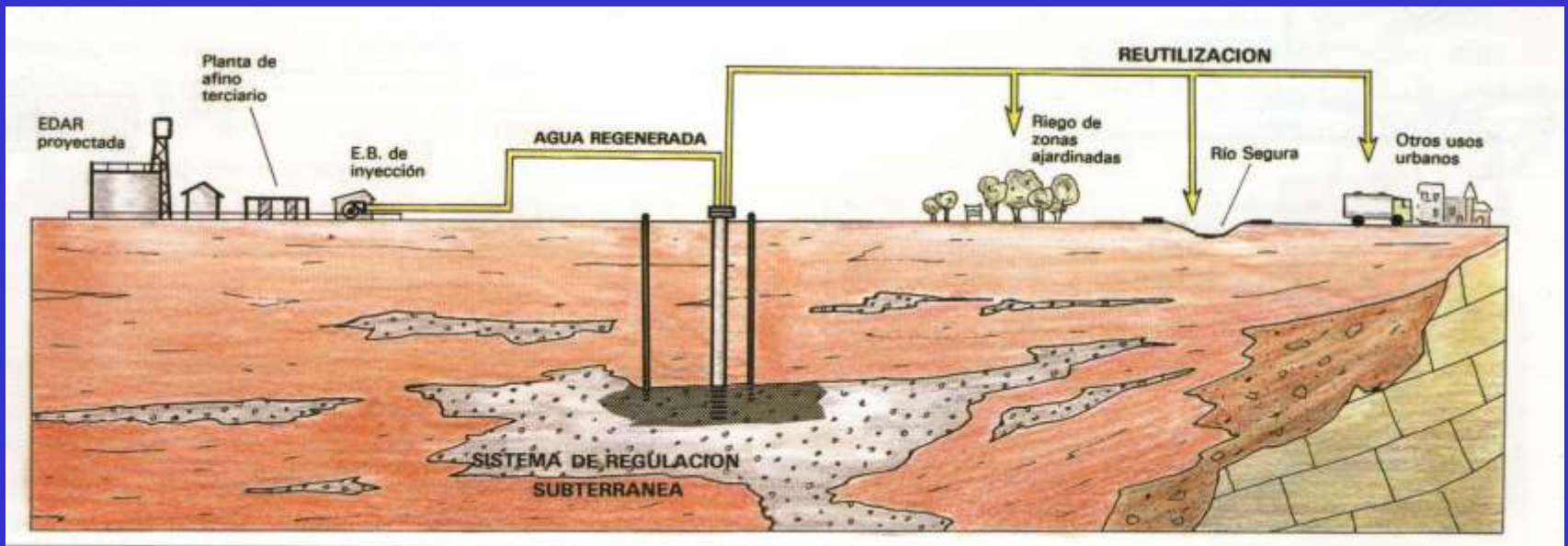
## Delta del río Llobregat (Barcelona)



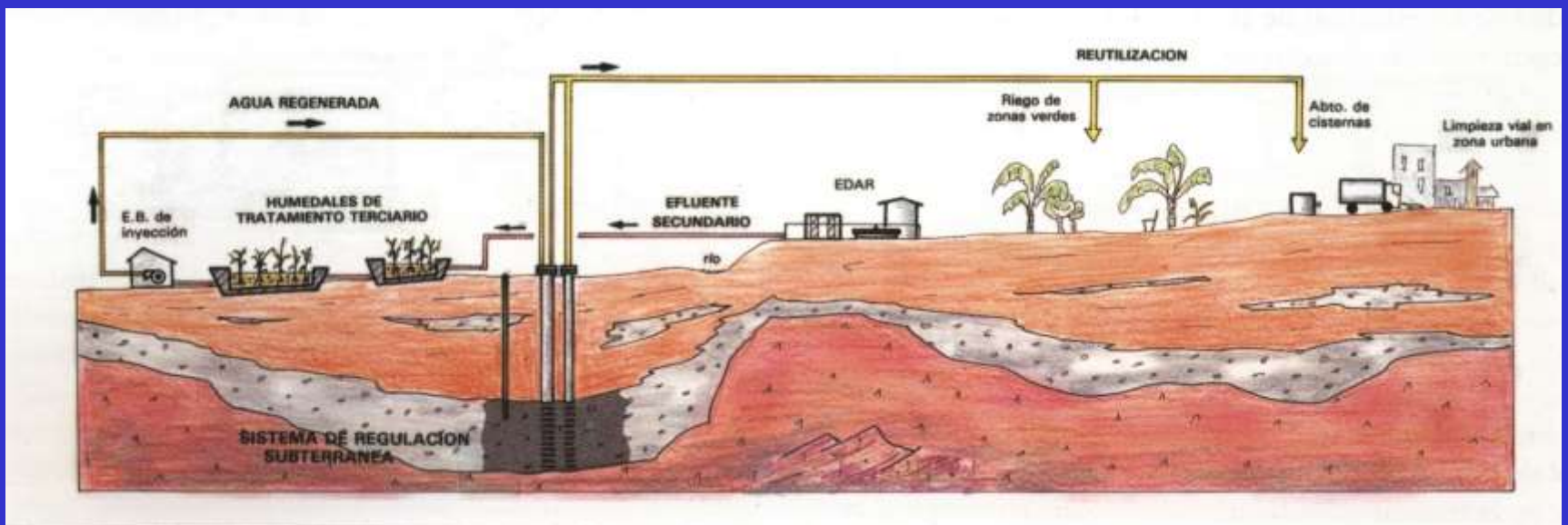
# CAMPOS DE UTILIZACIÓN DE LA TECNOLOGÍA DE LA RECARGA ARTIFICIAL DE ACUÍFEROS

Es posible citar la siguiente relación de aplicaciones:

- Almacenamiento subterráneo de esorrentías superficiales no reguladas.
- Reducción o eliminación del descenso piezométrico.
- Reducción de costes de transporte, almacenamiento o bombeo.
- Actuaciones sobre problemas de subsidencia.
- Disminución o corrección de problemas de intrusión marina.
- **APROVECHAMIENTO DE LAS PROPIEDADES DEL SUELO Y DE LA ZONA NO SATURADA COMO ELEMENTO DE TRATAMIENTO DE AGUA, FUNDAMENTALMENTE RESIDUAL.**
- Dilución del excesivo contenido en nitratos, cloruros u otros constituyentes químicos de las aguas de determinados acuíferos.
- Compensar la pérdida de recarga natural en un acuífero causada por actividades humanas tales como encauzamientos, derivaciones de agua o construcción de obras civiles



**APROVECHAMIENTO DE LAS PROPIEDADES DEL SUELO Y DE LA ZONA NO SATURADA COMO ELEMENTO DE TRATAMIENTO DE AGUA, FUNDAMENTALMENTE RESIDUAL.**



# CAMPOS DE UTILIZACIÓN DE LA TECNOLOGÍA DE LA RECARGA ARTIFICIAL DE ACUÍFEROS

Es posible citar la siguiente relación de aplicaciones:

- Almacenamiento subterráneo de esorrentías superficiales no reguladas.
- Reducción o eliminación del descenso piezométrico.
- Reducción de costes de transporte, almacenamiento o bombeo.
- Actuaciones sobre problemas de subsidencia.
- Disminución o corrección de problemas de intrusión marina.
- Aprovechamiento de las propiedades del suelo y de la zona no saturada como elemento de tratamiento tanto para aguas potables como residuales.
- **DILUCIÓN DEL EXCESIVO CONTENIDO EN NITRATOS, CLORUROS U OTROS CONSTITUYENTES QUÍMICOS DE LAS AGUAS DE DETERMINADOS ACUÍFEROS.**
- Compensar la pérdida de recarga natural en un acuífero causada por actividades humanas tales como encauzamientos, derivaciones de agua o construcción de obras civiles

# DILUCIÓN DEL EXCESIVO CONTENIDO EN NITRATOS, CLORUROS U OTROS CONSTITUYENTES QUÍMICOS DE LAS AGUAS DE DETERMINADOS ACUÍFEROS.



# CAMPOS DE UTILIZACIÓN DE LA TECNOLOGÍA DE LA RECARGA ARTIFICIAL DE ACUÍFEROS

Es posible citar la siguiente relación de aplicaciones:

- Almacenamiento subterráneo de escorrentías superficiales no reguladas.
- Reducción o eliminación del descenso piezométrico.
- Reducción de costes de transporte, almacenamiento o bombeo.
- Actuaciones sobre problemas de subsidencia.
- Disminución o corrección de problemas de intrusión marina.
- Aprovechamiento de las propiedades del suelo y de la zona no saturada como elemento de tratamiento tanto para aguas potables como residuales.
- Dilución del excesivo contenido en nitratos, cloruros u otros constituyentes químicos de las aguas de determinados acuíferos.
- **COMPENSAR LA PERDIDA DE RECARGA NATURAL EN UN ACUÍFERO CAUSADA POR ACTIVIDADES HUMANAS TALES COMO ENCAUZAMIENTOS, DERIVACIONES DE AGUA O CONSTRUCCIÓN DE OBRAS CIVILES**

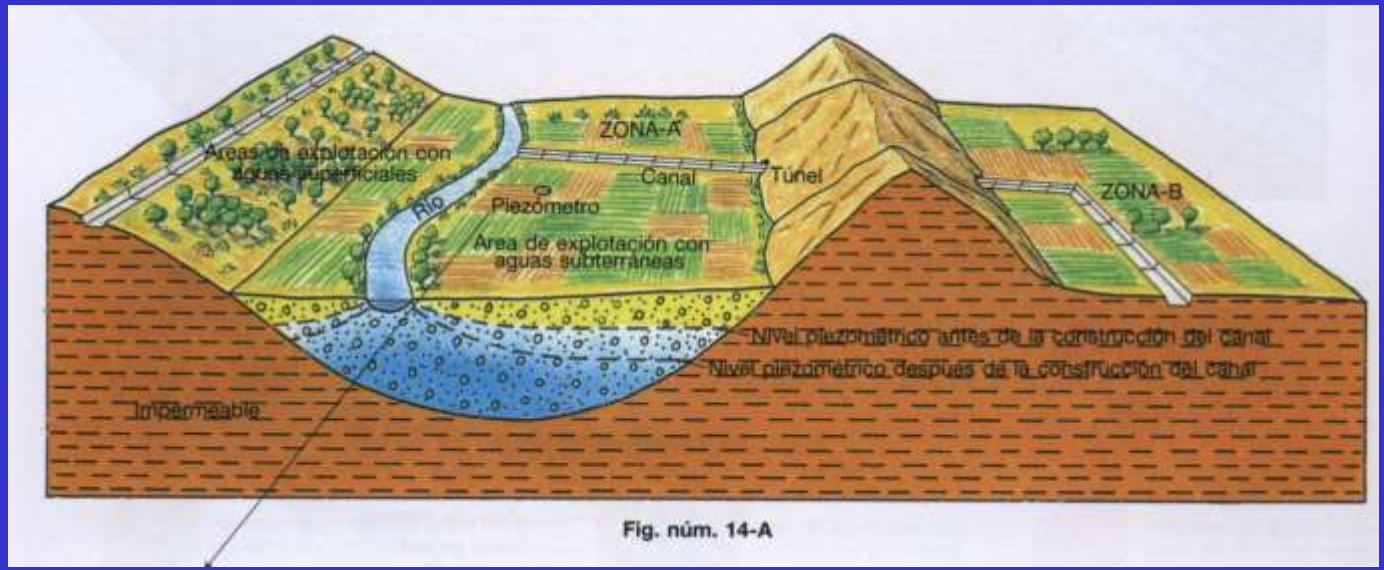


Fig. núm. 14-A

**COMPENSAR LA PERDIDA DE RECARGA NATURAL EN UN ACUÍFERO CAUSADA POR ACTIVIDADES HUMANAS TALES COMO ENCAUZAMIENTOS, DERIVACIONES DE AGUA O CONSTRUCCIÓN DE OBRAS CIVILES**

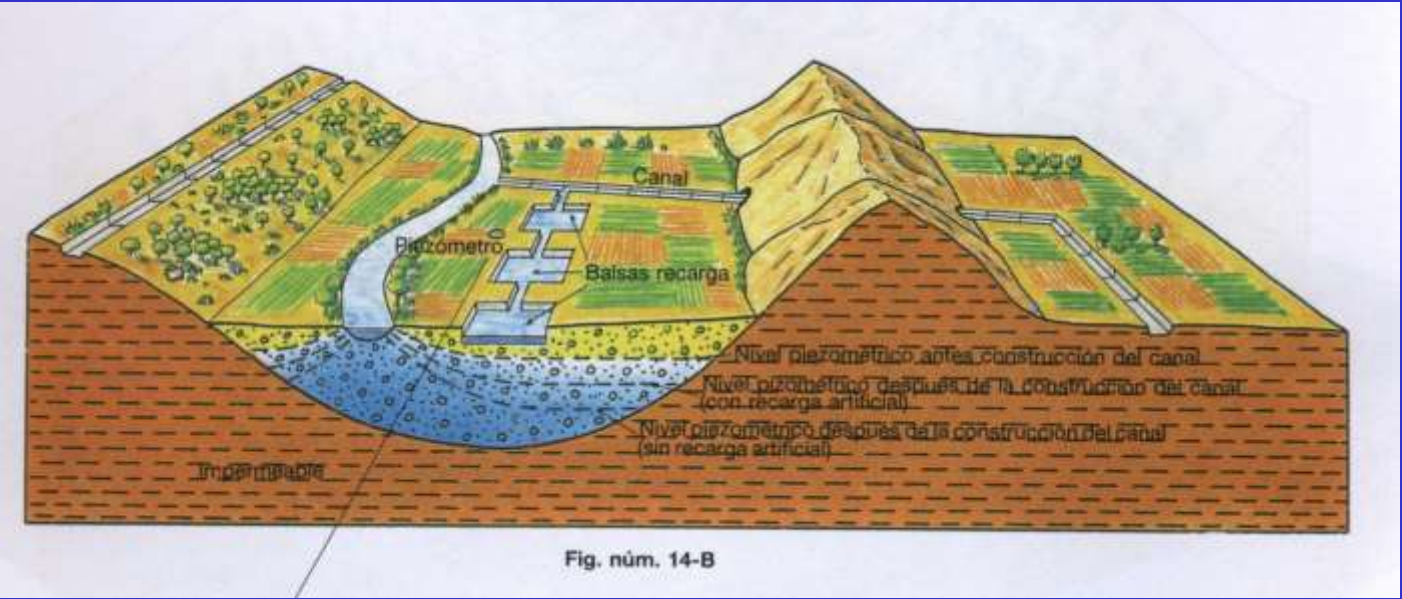


Fig. núm. 14-B









**A LA ANTERIOR LISTA CABE AÑADIR, COMO CONSECUENCIA DE LA CRECIENTE SENSIBILIZACIÓN DE LA SOCIEDAD POR LOS TEMAS MEDIOAMBIENTALES, EL MANTENIMIENTO HÍDRICO DE ENCLAVES ECOLÓGICOS, ESPECIALMENTE ZONAS HÚMEDAS Y LAGOS**

## **¿QUE ASPECTOS HAN DE ANALIZARSE ANTES DE CONTEMPLAR EL ESTUDIO DE VIABILIDAD DE UN PROYECTO DE RECARGA ARTIFICIAL?**

- Análisis de demandas y usos actuales y futuros.**
- Análisis de los elementos de regulación actual y futura, tanto de índole superficial como subterránea.**
- Evaluación de las hipótesis de gestión enfocadas al aumento de la regulación, al incremento de la garantía o a ambas conjuntamente.**

**IDENTIFICAR Y DIMENSIONAR EL PROBLEMA EXISTENTE  
DEFINIR LOS OBJETIVOS QUE SE PRETENDEN ALCANZAR  
CONCRETAR LOS BENEFICIOS QUE SE ESPERAN OBTENER**

# ¿COMO SE ABORDA UN PROYECTO DE RECARGA ARTIFICIAL DE ACUÍFEROS?

- **Estudio de viabilidad técnica.**
- **Estudio de viabilidad económica.**
- **Análisis de otros factores.**

# **ESTUDIO DE VIABILIDAD TÉCNICA**

- **AGUA DE RECARGA EN ORIGEN.**
- **CARACTERÍSTICAS, APTITUD E IDONEIDAD PARA LA RECARGA ARTIFICIAL DEL ACUÍFERO RECEPTOR.**
- **ANÁLISIS DE LAS DIFERENTES ALTERNATIVAS DE INSTALACIONES DE RECARGA, ASÍ COMO DE LAS AUXILIARES DE CONTROL, TRATAMIENTO Y TRANSPORTE DEL AGUA DE RECARGA.**

# AGUA DE RECARGA EN ORIGEN

**UN CONDICIONANTE TOTALMENTE NECESARIO PARA  
ACOMETER CUALQUIER TIPO DE RECARGA  
ARTIFICIAL DE ACUÍFEROS ES DISPONER  
DE AGUA EXCEDENTARIA**

Durante la fase de estudio se deben de analizar los siguientes puntos:

- \* NATURALEZA**
- \* LOCALIZACIÓN DE LOS PUNTOS DE TOMA**
- \* CAUDAL DISPONIBLE Y RÉGIMEN TEMPORAL**
- \* CARACTERÍSTICAS DE CALIDAD Y SU VARIABILIDAD TEMPORAL**

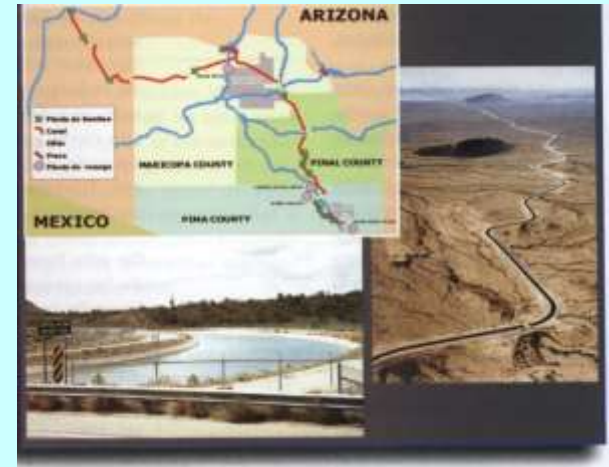
# FUENTES DE AGUA QUE SE UTILIZAN EN LAS OPERACIONES DE RECARGA ARTIFICIAL DE ACUÍFEROS

Se diferencian tres tipos:

Agua superficial continua o discontinua

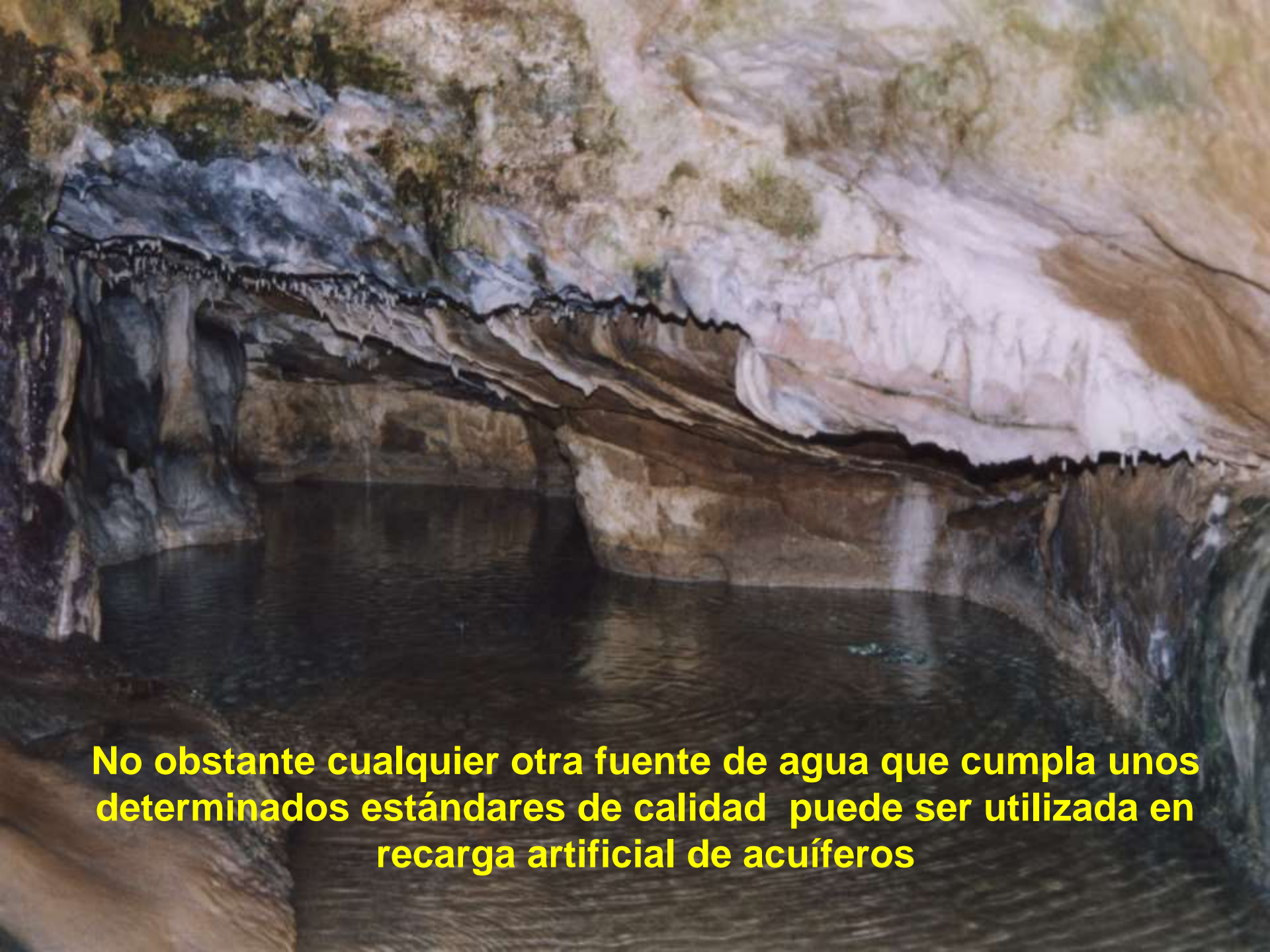
Agua residual tratada

Agua importada o transferida desde otras cuencas









**No obstante cualquier otra fuente de agua que cumpla unos determinados estándares de calidad puede ser utilizada en recarga artificial de acuíferos**

## **Sobrantes temporales procedentes de estaciones de tratamiento de agua potable**

**El agua de drenaje de mina**

**Los retornos de las labores agrícolas que se recogen mediante la construcción de redes especiales de desagüe**

**Los excedentes producidos por plantas de desalinización**

**El agua procedente de procesos e instalaciones industriales**

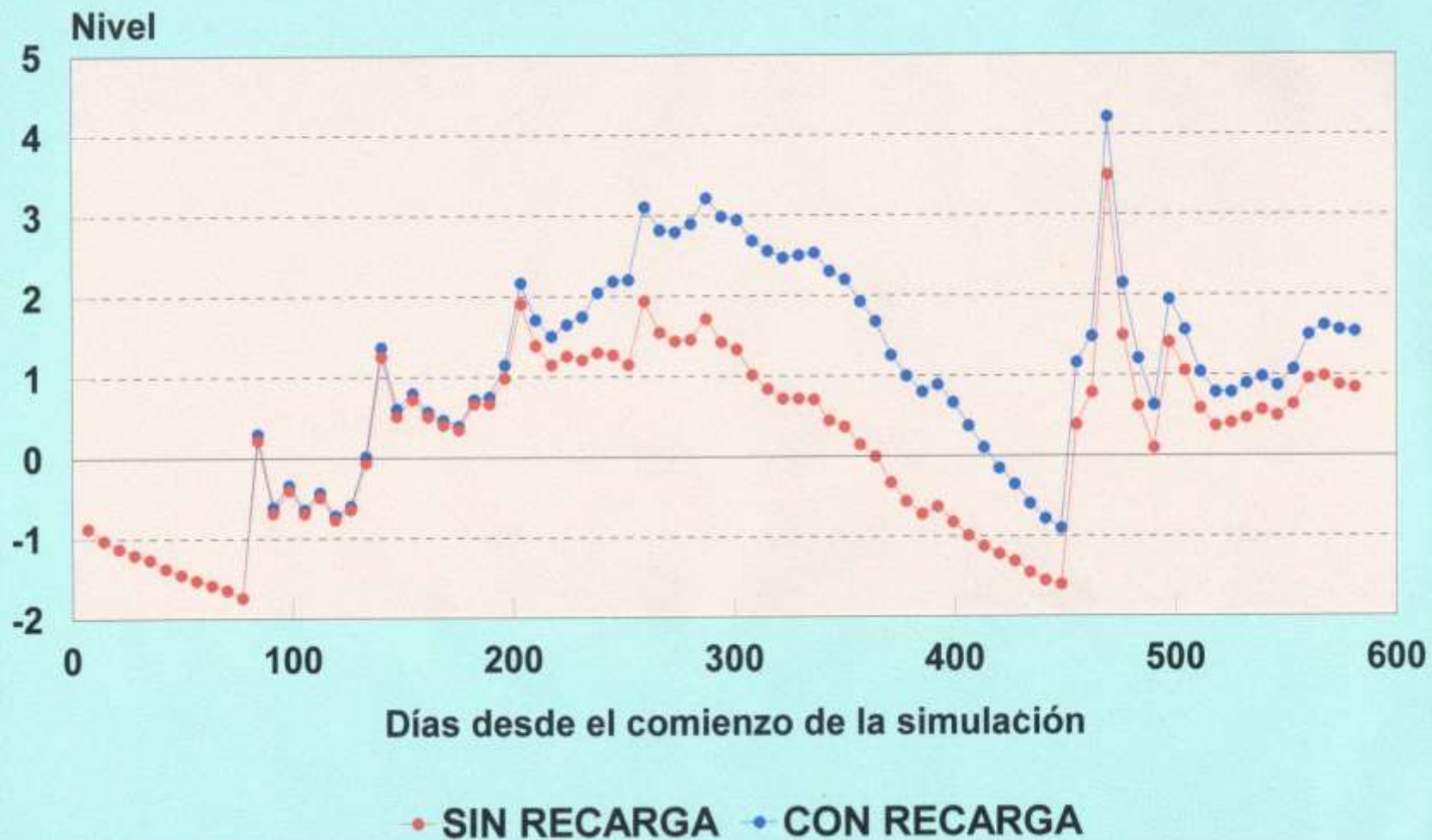
# **APTITUD E IDONEIDAD PARA LA RECARGA ARTIFICIAL DEL ACUÍFERO RECEPTOR.**

- **LA RECARGA ARTIFICIAL SE PUEDE PRACTICAR EN PRINCIPIO EN CUALQUIER TIPO DE FORMACIÓN PERMEABLE QUE TENGA CONDICIONES PARA ALMACENAR Y TRANSMITIR AGUA.**

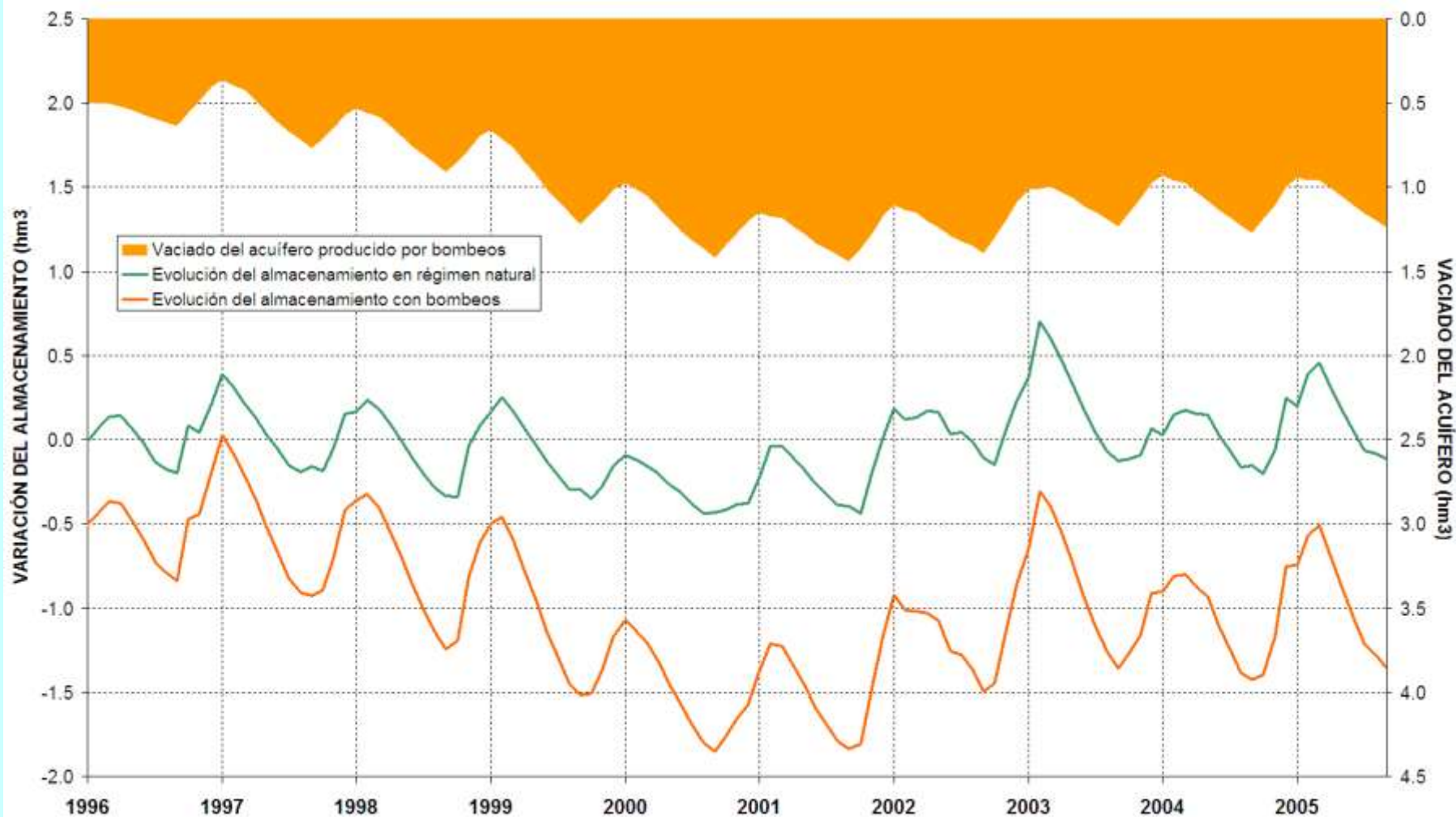
**La efectividad de la recarga está estrechamente ligada a las características hidrogeológicas, hidrodinámicas y de almacenamiento del acuífero receptor así como al régimen de explotación al que se encuentra sometido.**

- **EL AGUA RECARGADA TIENE QUE PERMANECER EN EL ACUÍFERO EL TIEMPO SUFICIENTE PARA PERMITIR SU UTILIZACIÓN POSTERIOR.**
- **LA CALIDAD FINAL DEL AGUA DEBE SER LA APROPIADA A LOS USOS A LOS QUE SE DESTINE**

# SIMULACION DE SERIES CON Y SIN RECARGA ARTIFICIAL



## EVOLUCIÓN DEL ALMACENAMIENTO DEL ACUÍFERO DE CRESTATX



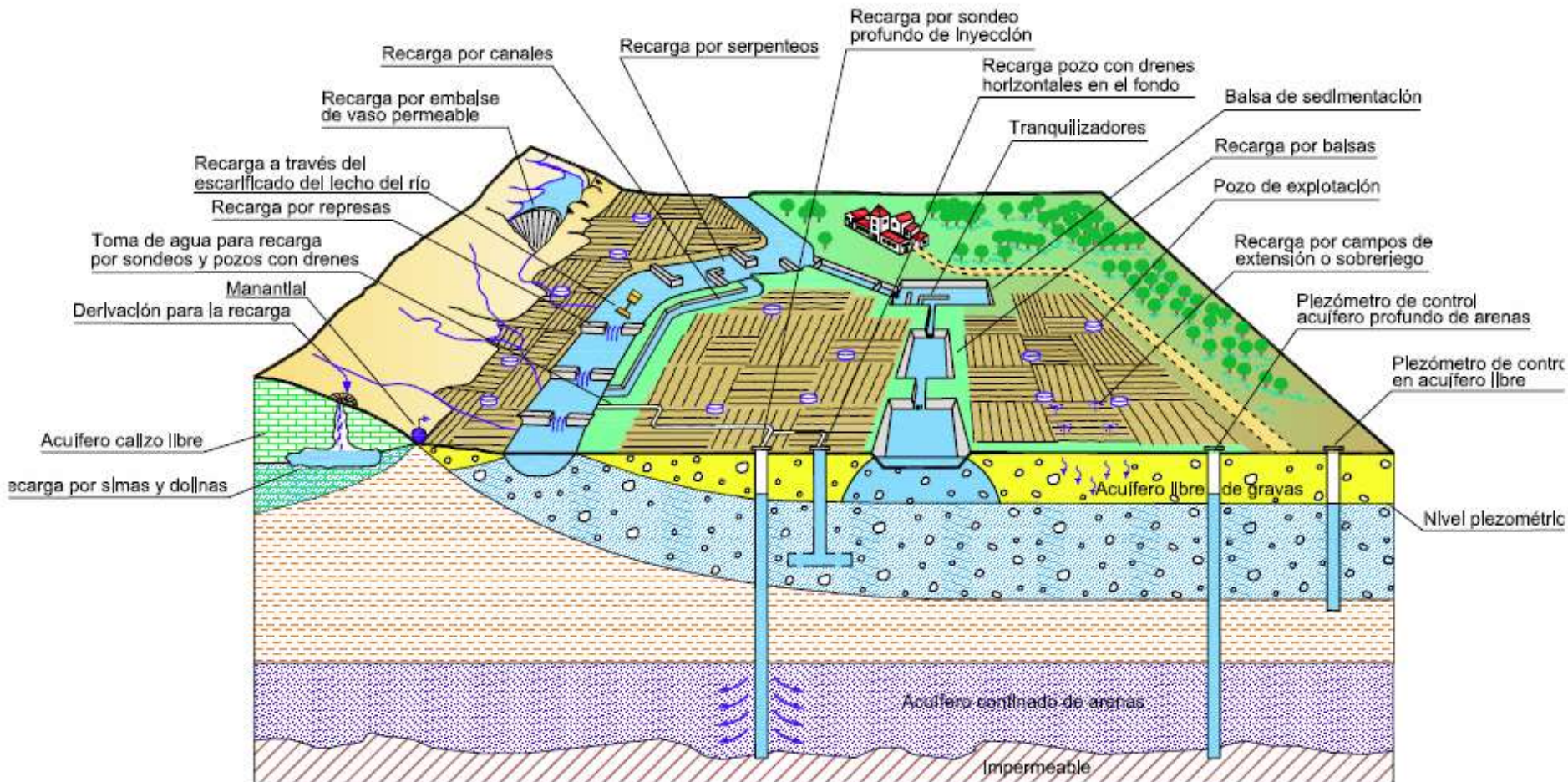
**Operacionalmente la recarga artificial de acuíferos es una técnica que presenta una cierta complejidad de ejecución, por lo que suele limitarse a:**

- ÁREAS QUE PRESENTAN ESCASA REGULACIÓN DE RECURSOS HÍDRICOS Y FUERTE DEMANDA.**
- A ZONAS CON UNA EXPLOTACIÓN AGRÍCOLA BIEN DESARROLLADA Y ALTO RENDIMIENTO.**
- A COMARCAS DONDE EL COSTE DEL AGUA ES MUY ELEVADO.**
- A SECTORES COSTEROS DONDE NO ES POSIBLE LA CONSTRUCCIÓN DE OBRAS DE REGULACIÓN SUPERFICIAL POR CONDICIONANTES TOPOGRÁFICOS**

# TIPOS DE INSTALACIONES DE RECARGA ARTIFICIAL

<b>SUPERFICIALES</b>	<b>EN CAUCES</b>	SERPENTEOS Y REPRESAS
		ESCARIFICACIÓN
		VASOS PERMEABLES
	<b>FUERA DE CAUCES</b>	BALSAS
		FOSAS
		CANALES
<b>EN PROFUNDIDAD</b>	CAMPOS DE EXTENSIÓN	
	POZOS Y SONDEOS	
	SIMAS Y DOLINAS	
	DRENES Y GALERÍAS	
	ZANJAS Y SONDEOS	

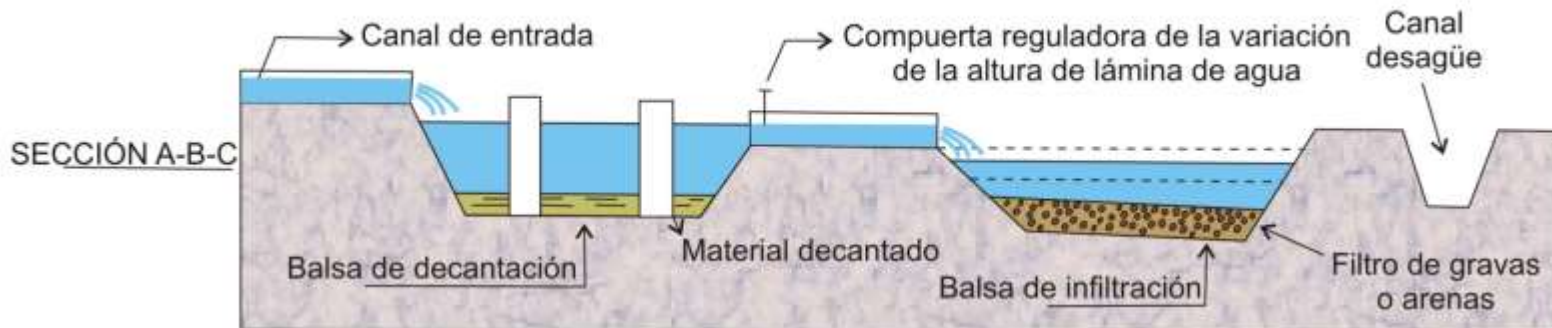
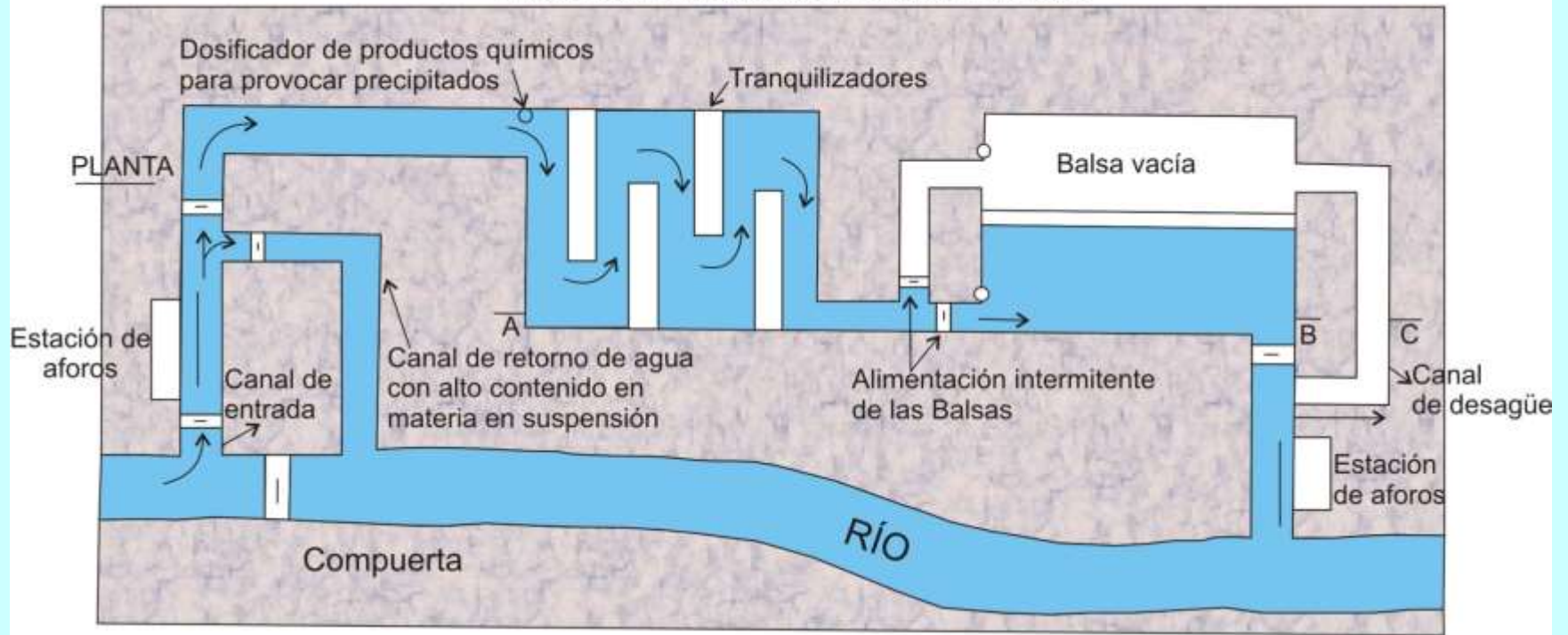
# TIPOS DE INSTALACIONES DE RECARGA ARTIFICIAL



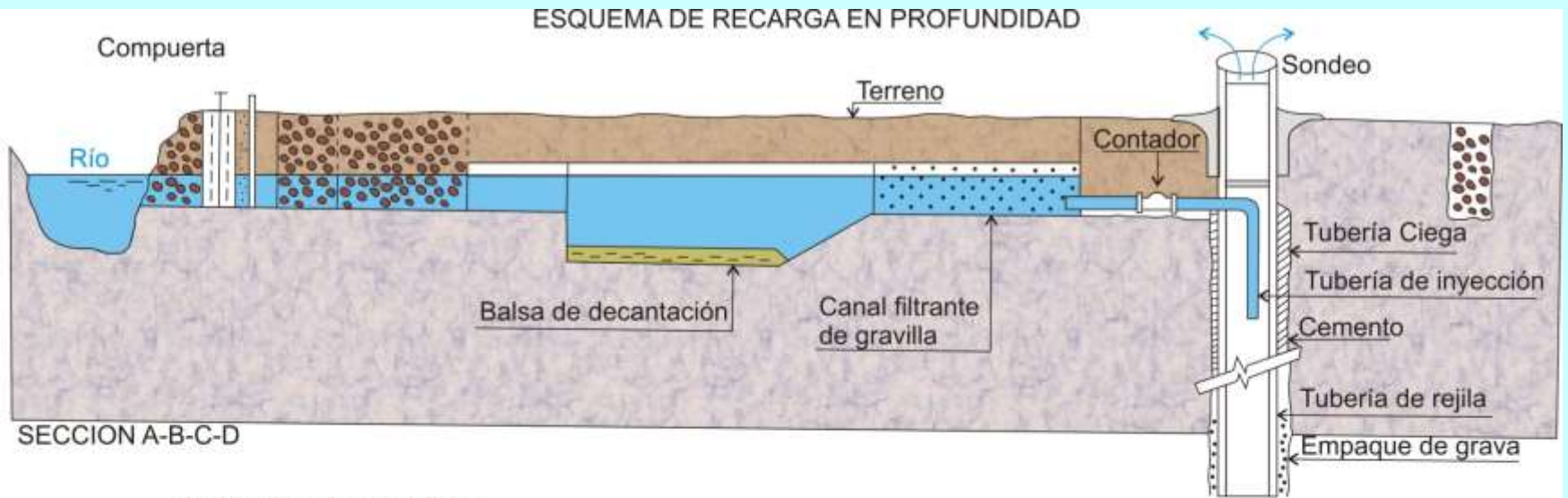


# METODOS DE RECARGA EN SUPERFICIE

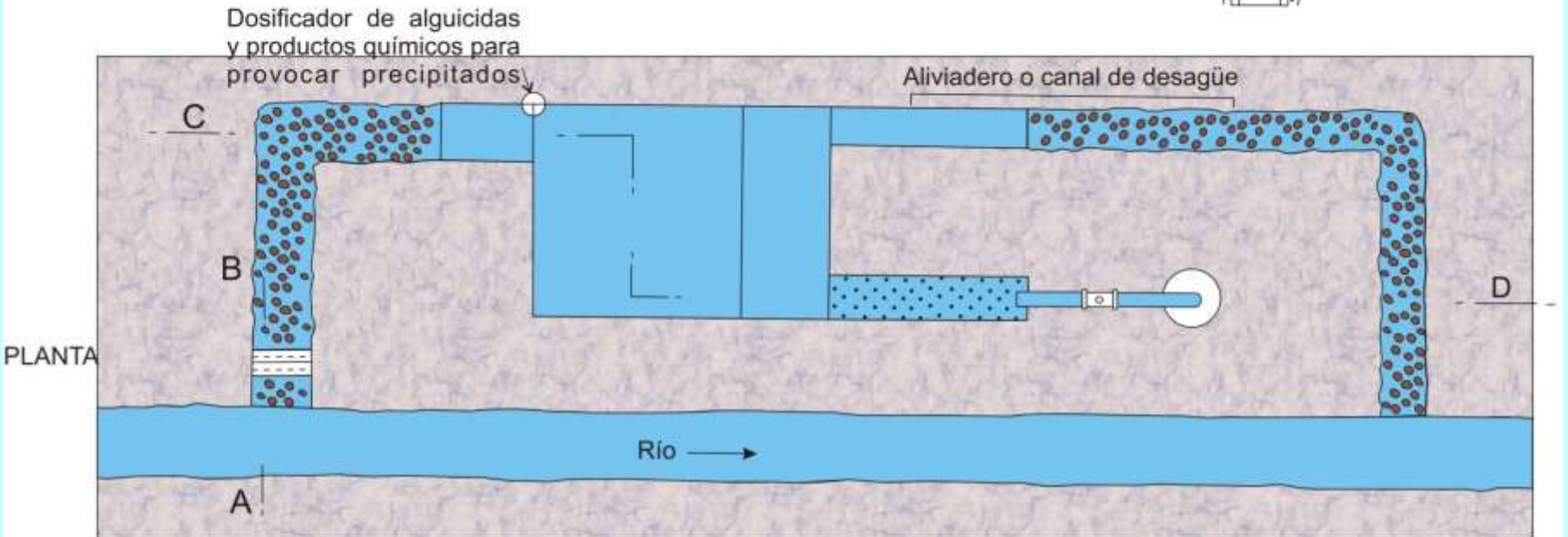
ESQUEMA DE RECARGA EN SUPERFICIE



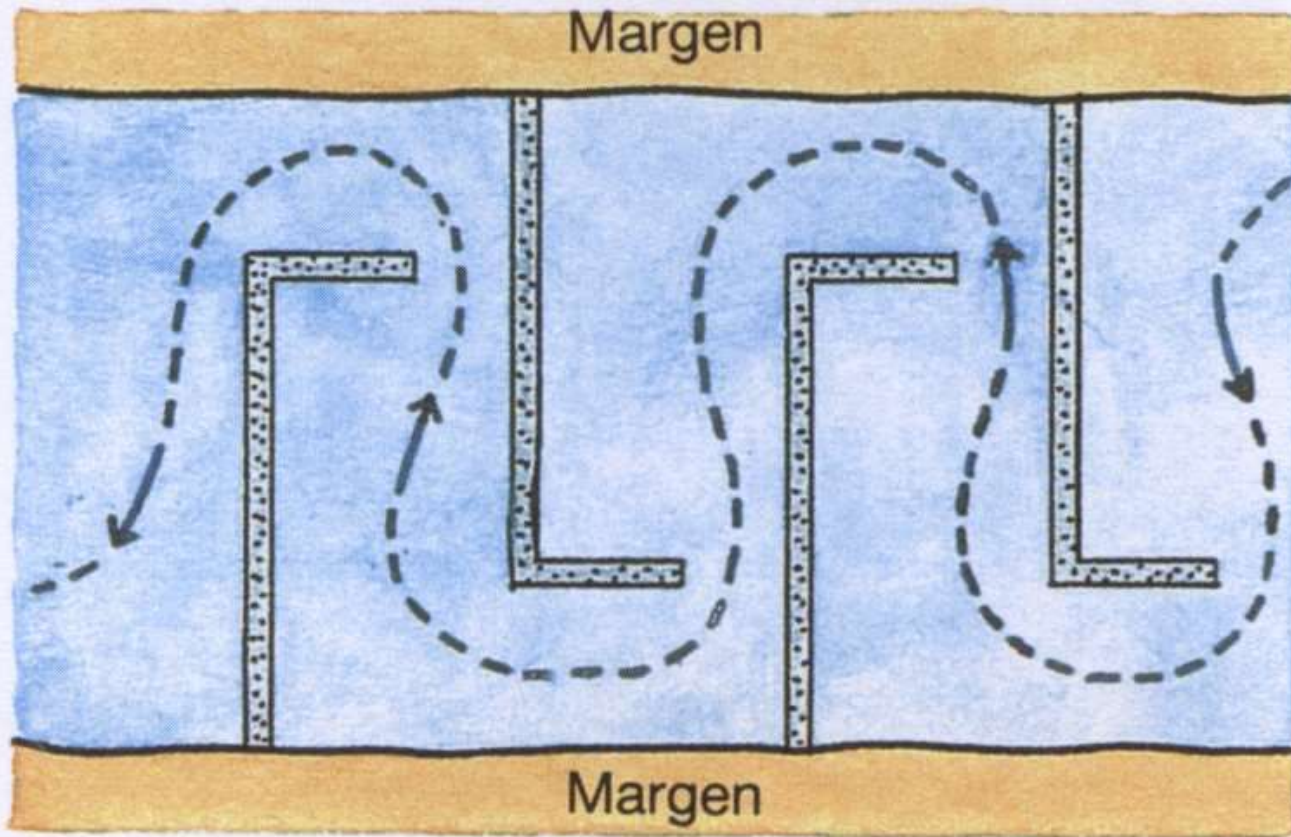
# METODOS DE RECARGA EN PROFUNDIDAD



SECCION A-B-C-D



# SERPENTEOS



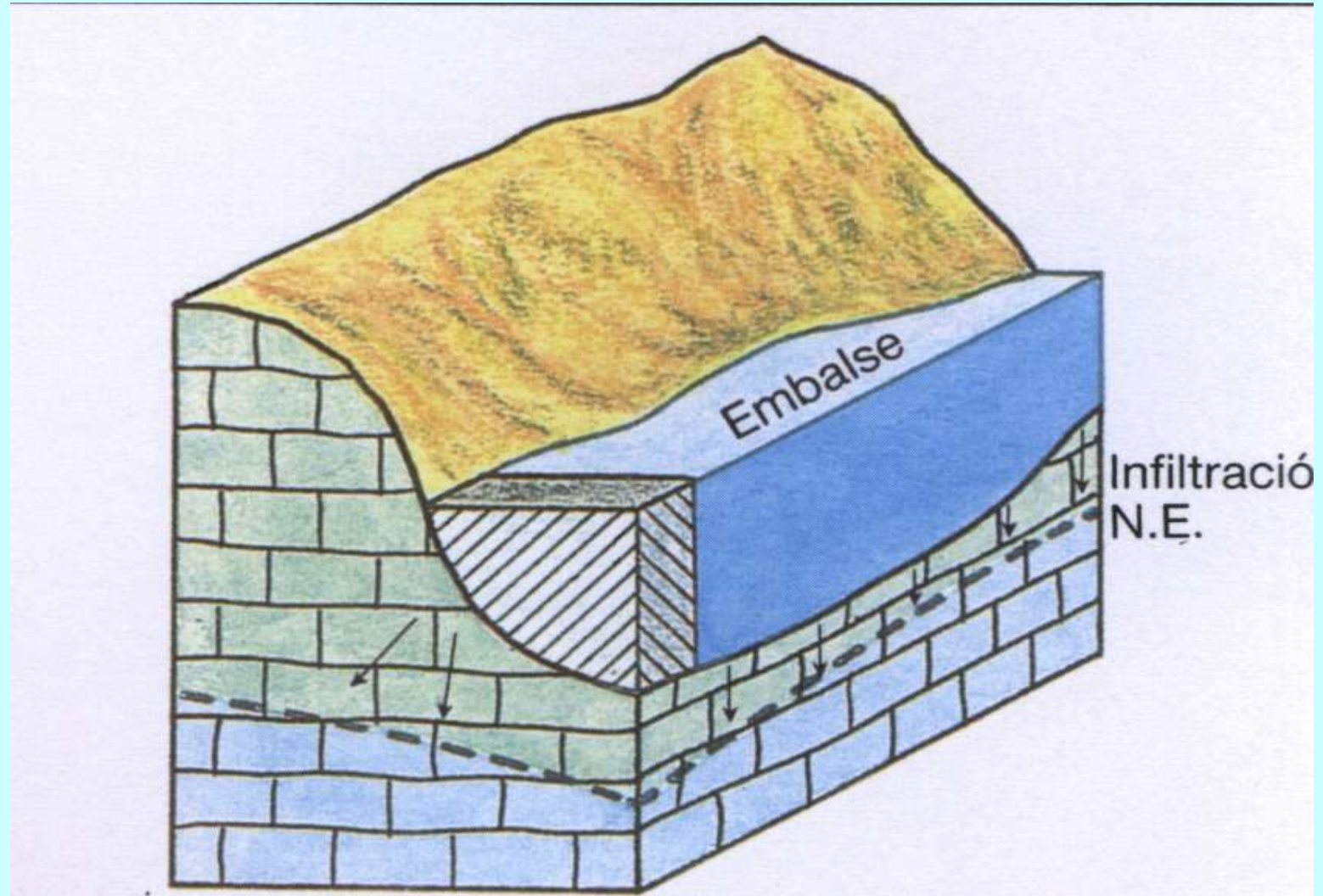
# SERPENTEOS



# ESCARIFICACION



# VASOS PERMEABLES



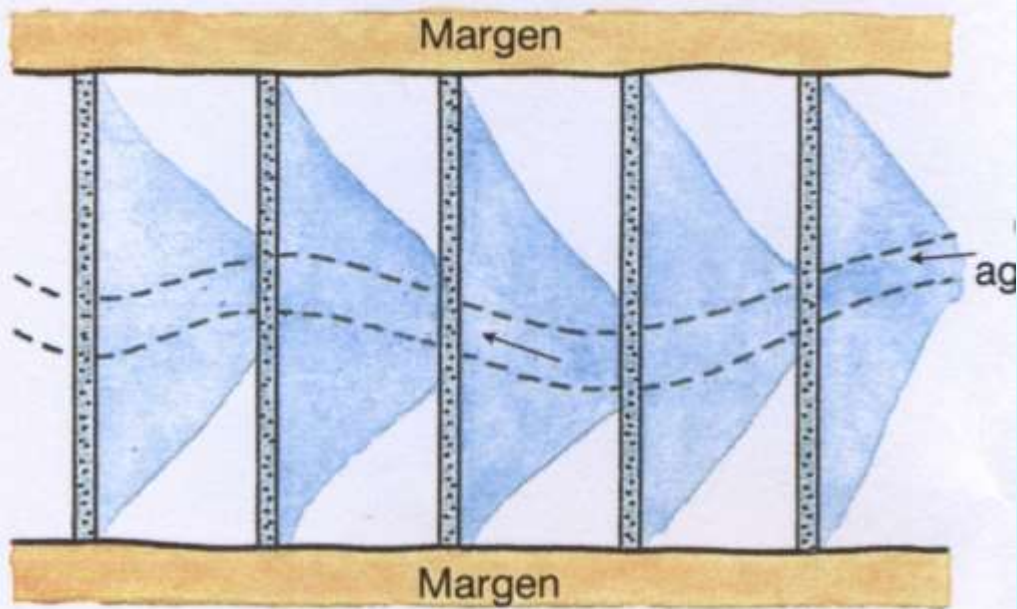
# VASOS PERMEABLES



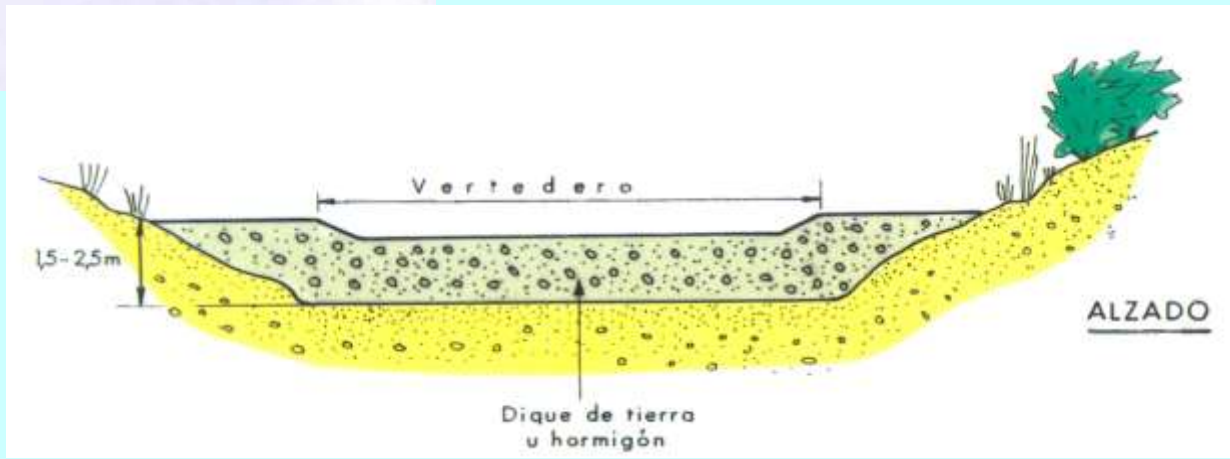
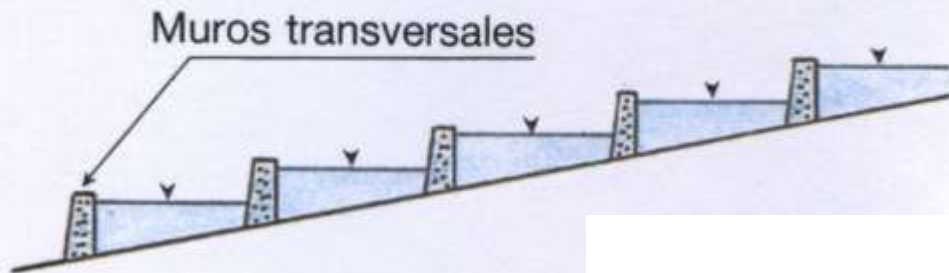
**Embalse de Isbert, Alicante**







# VASOS PERMEABLES



# BALSAS



# BALSAS

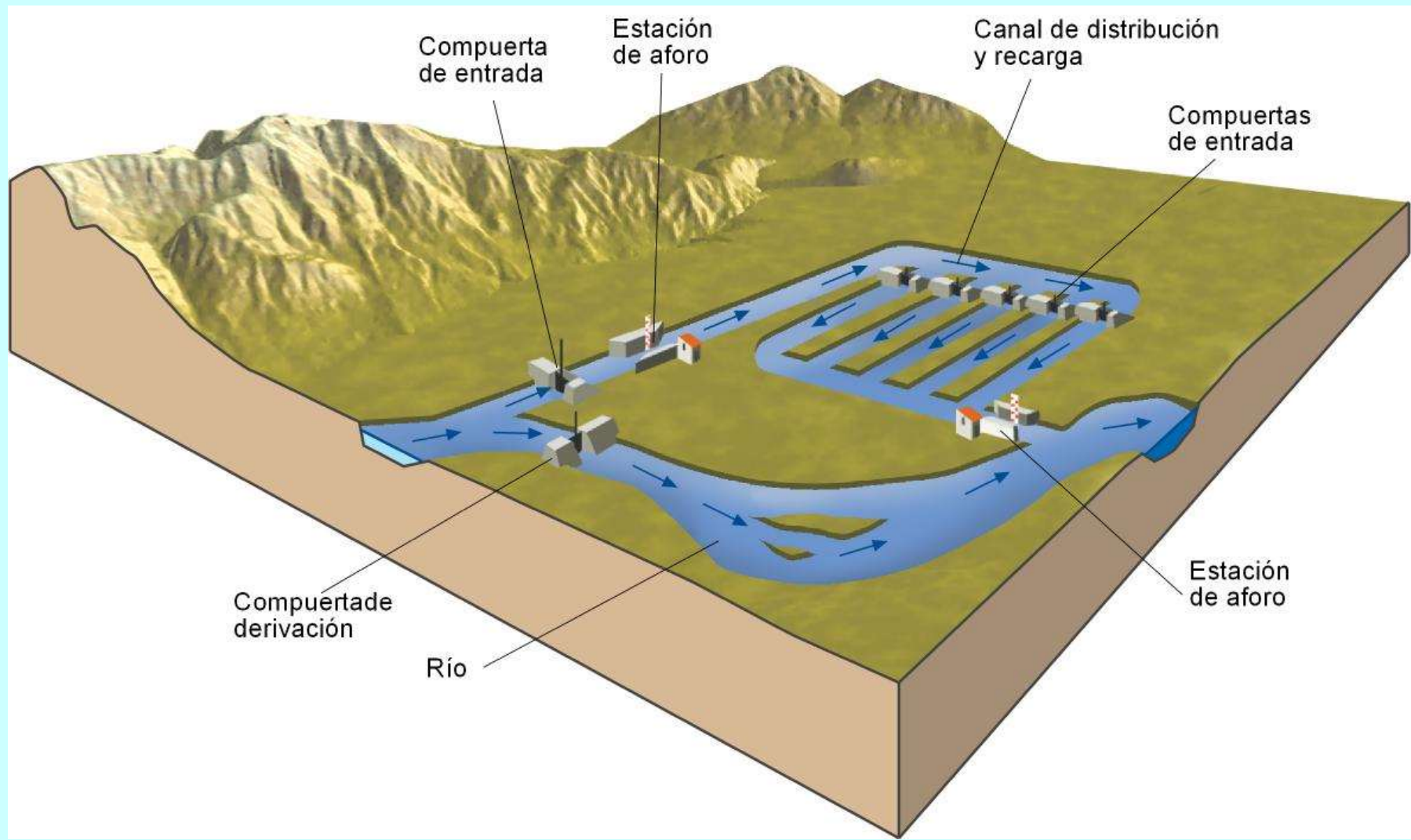








# CANALES



# CANALES





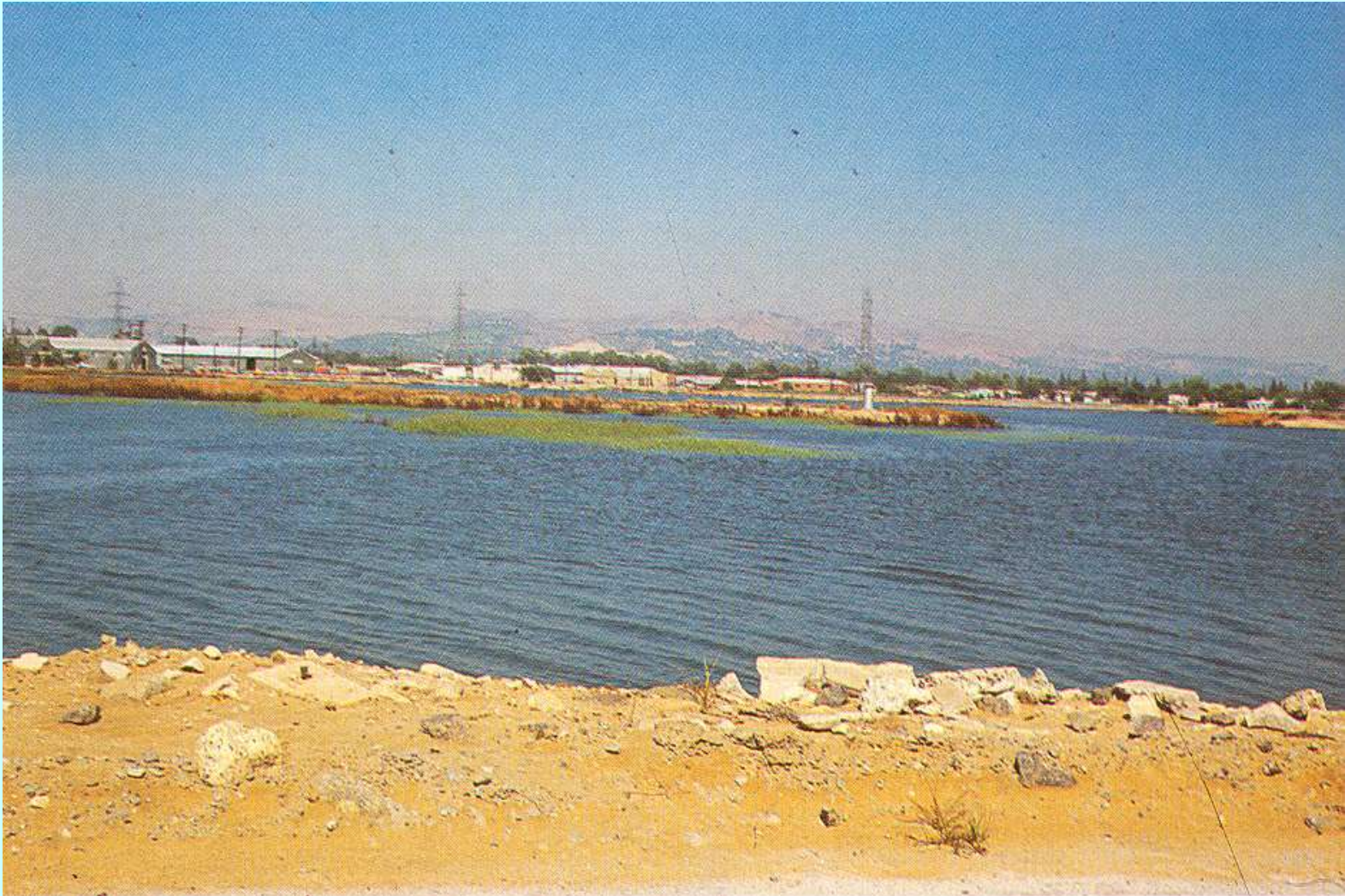
# CAMPOS DE EXTENSION



# CAMPOS DE EXTENSION



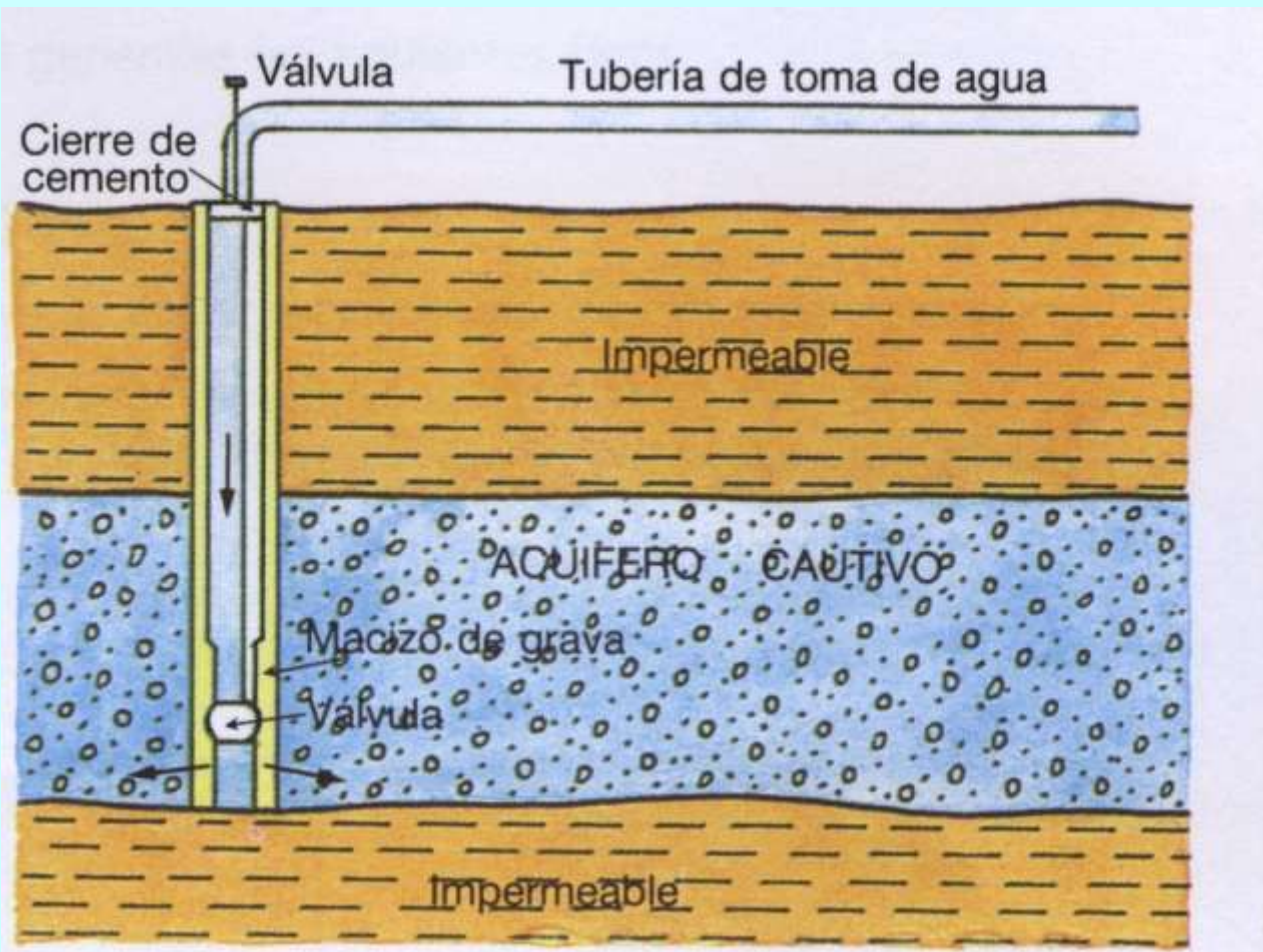
# CAMPOS DE EXTENSION



# CAMPOS DE EXTENSION



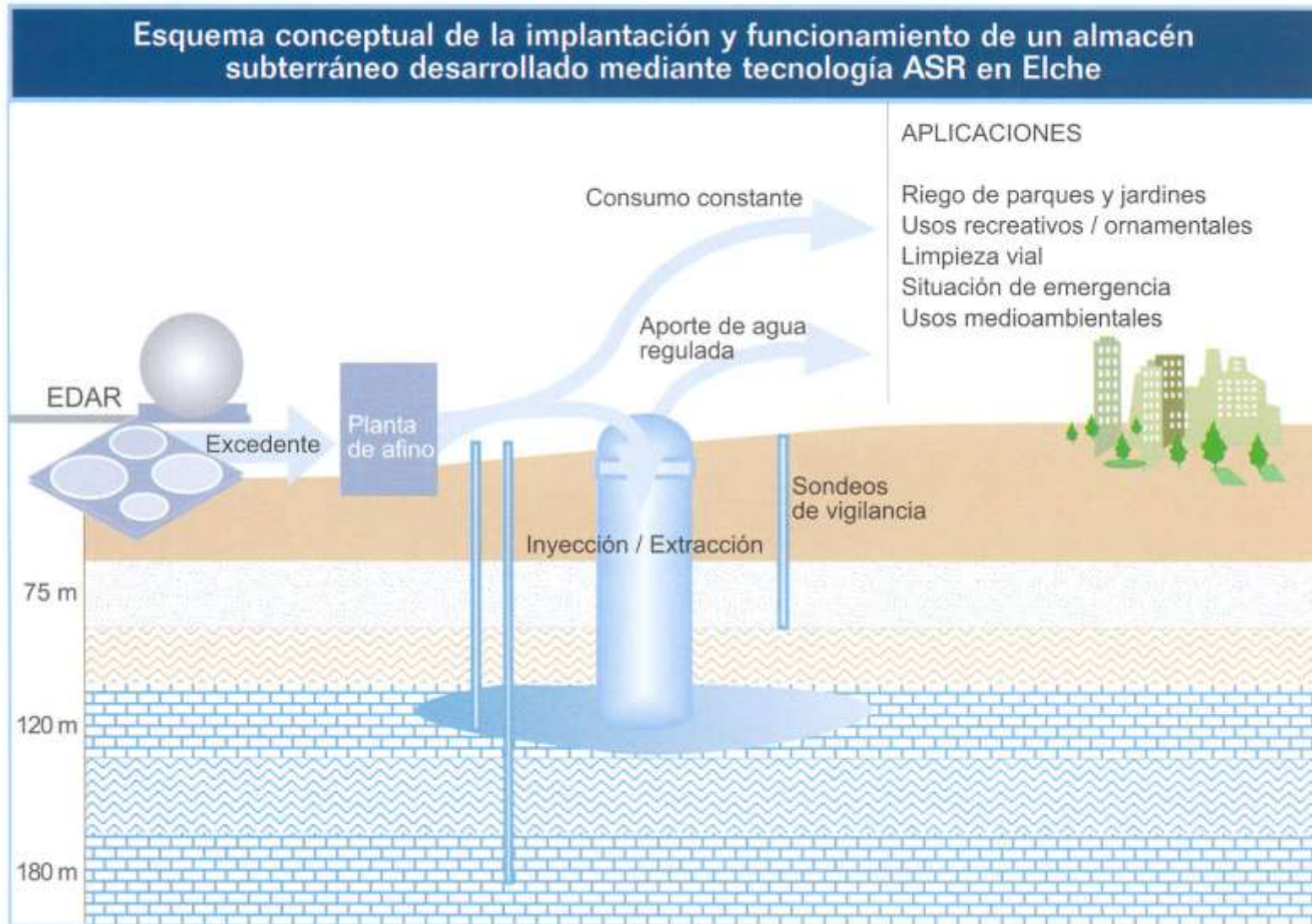
# SONDEOS DE INYECCION



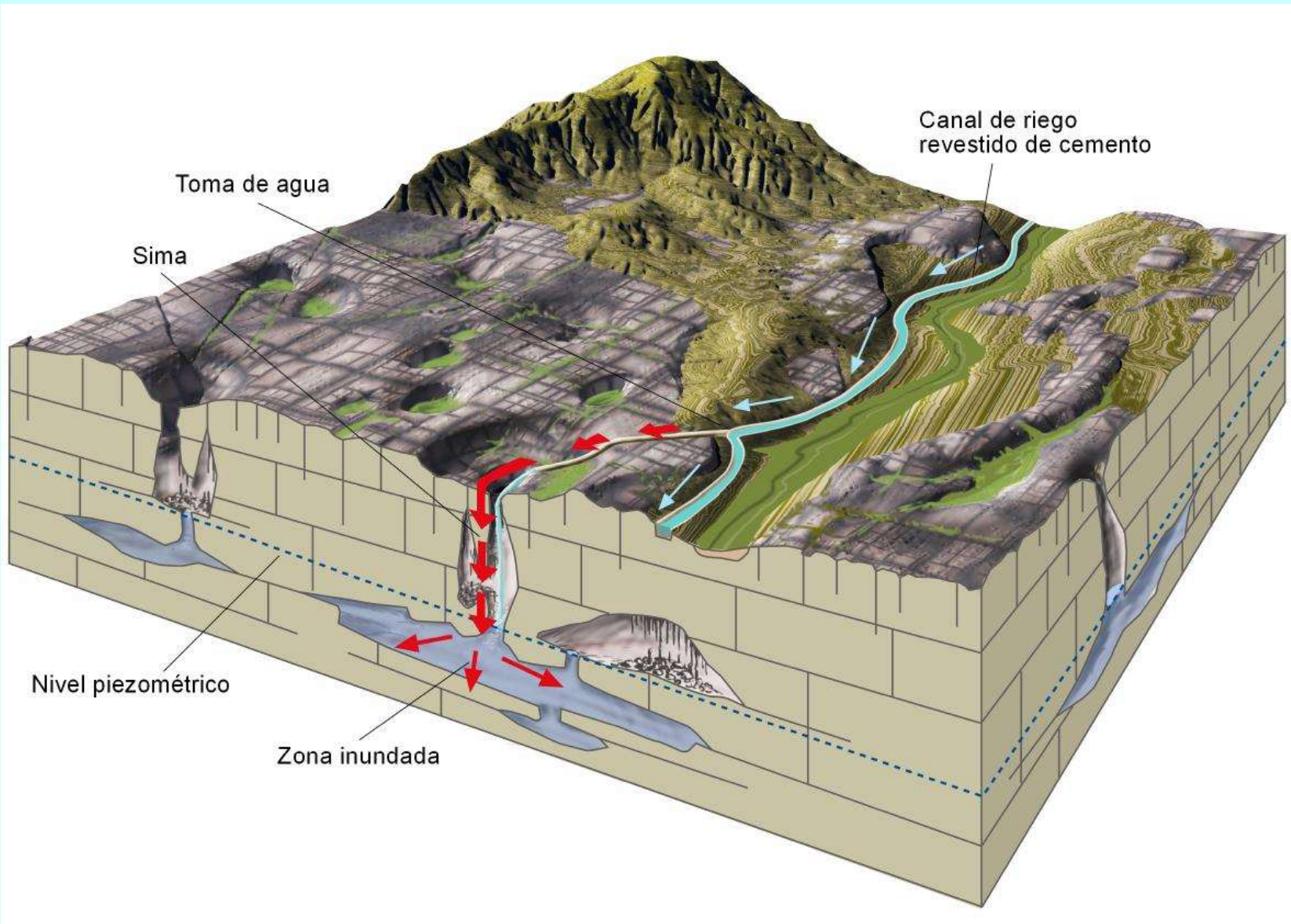
# POZOS DE RECARGA



# SONDEOS DE INYECCION – TÉCNICAS ASR

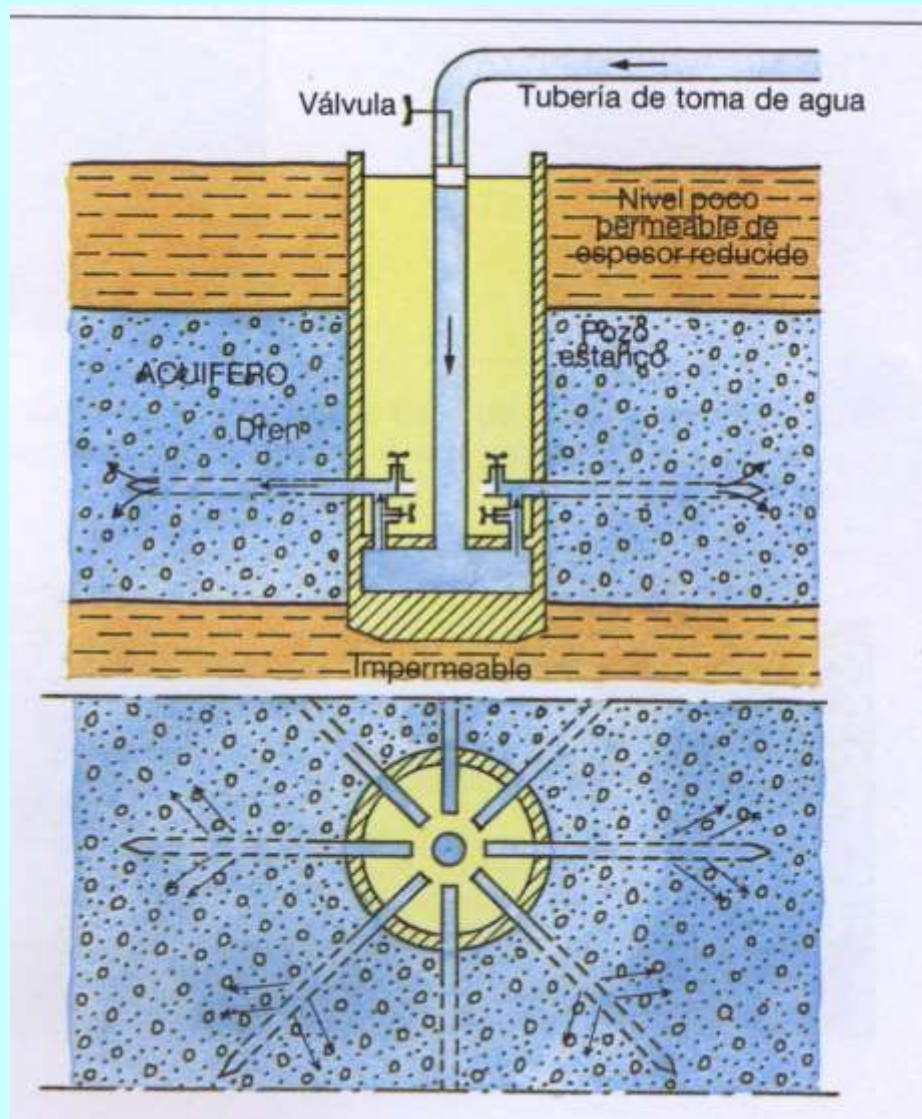


# SIMAS Y DOLINAS





# DRENES Y GALERIAS



# ZANJAS Y SONDEOS



FACTOR	INSTALACIONES SUPERFICIALES	INSTALACIONES EN PROFUNDIDAD
Precio y disponibilidad del terreno.	Precisa en general grandes superficies si se quieren infiltrar importantes volúmenes de agua, por lo que precisa terrenos baratos. Puede ser muy difícil o imposible establecerlos en una zona poblada o muy cultivada por no disponer de espacio o por la carestía del mismo.	Precisan menos espacio.
Factores estéticos y ambientales.	Pueden presentar problemas de proliferación de insectos y roedores. Requieren cercados y vallas para proteger a personas y animales.	No presentan problemas significativos.
Permeabilidad del acuífero.	Permeabilidades bajas exigen grandes extensiones de terreno para poder recargar volúmenes apreciables de agua.	Se emplean de una forma generalizada en terrenos formados por una alternancia de niveles permeables e impermeables.
Construcción de instalaciones.	Pueden requerir acondicionamientos previos del terreno para nivelarlo, retirar coberturas poco permeables o arcillosas, retirar vegetación, obtener diques resistentes, construir estructuras para la conducción del agua, etc.	No tienen porqué resultar excesivamente complicados.
Caudal recargable.	Puede llegar a ser muy grande.	Notablemente inferior si se compara con el medio de las instalaciones superficiales.
Pérdidas por evaporación.	En determinados casos pueden ser importantes, dependiendo del tamaño de la instalación.	Nulas.
Requisitos de calidad del agua.	No excesivamente estrictos, ya que se puede aprovechar el poder autodepurador de la zona saturada, y utilizar métodos de descolmatación y decantación previa de forma sencilla.	Muy estrictos, ya que el agua se introduce directamente en el acuífero. A veces implica un coste de pretratamiento importante.
Colmatación.	Los problemas derivados de la colmatación pueden ser importantes. La descolmatación es necesaria y debe ser frecuente.	Presentan una gran susceptibilidad a la colmatación. Los problemas de colmatación tienen una solución más difícil que en el caso de instalaciones superficiales.
Grado de depuración del agua en el terreno	El paso del agua por el medio no saturado es decisivo para conseguir una buena eliminación de contaminantes.	No se pueden eliminar los contaminantes presentes en el agua.

# ESTUDIO DE VIABILIDAD ECONÓMICA

- Entre las principales imputaciones que se realizan a la técnica de la recarga artificial está su alto coste.
- Este factor es relativo y debatible, puesto que la decisión de efectuar un proyecto de estas características no sólo depende de análisis estrictamente económicos, sino también de consideraciones sociales y ecológicas.
- La recarga artificial será viable siempre que sea menos costosa que cualquier otra solución que cubra los mismos objetivos.
- Las cifras que se manejan en las instalaciones de California oscilan entre 80\$ y 125\$ para cada 1000 metros cúbicos de agua recargada a través de métodos de superficie.

# ESTUDIO DE VIABILIDAD ECONÓMICA

La evaluación económica de cualquier proyecto u obra de recarga artificial se debe realizar analizando por separado los costes de:

- \* EL AGUA PUESTA EN ALMACENAMIENTO EN EL ACUÍFERO
- \* EL AGUA PUESTA DE NUEVO A DISPOSICIÓN DEL USUARIO

Para estos cálculos se deben tener en cuenta,entre otros, los siguientes costes:

- \* DE INVESTIGACIÓN HIDROGEOLÓGICA
  - \* DEL AGUA A RECARGAR
    - \* DE ADQUISICIÓN DE TERRENOS
- \* DE INSTALACIONES DE PRETRATAMIENTO
  - \* DE INSTALACIONES AUXILIARES
  - \* DE INSTALACIONES DE RECARGA
- \* DE INSTALACIONES DE CONTROL Y SEGUIMIENTO
  - \* DE EXPLOTACIÓN Y CONSERVACIÓN

# **FACTORES QUE PUEDEN CONTRIBUIR A UN ABARATAMIENTO DE LA OPERACIÓN DE RECARGA ARTIFICIAL**

- **Disponibilidad de una fuente de agua superficial de bajo coste o gratuita.**
- **Disponibilidad de terrenos baratos o de adquisición o cesión gratuita.**
- **Existencia de infraestructuras de conducción y transporte de agua, así como disponibilidad de obras de regulación y almacenamiento superficial de agua en las proximidades de la instalación de recarga.**

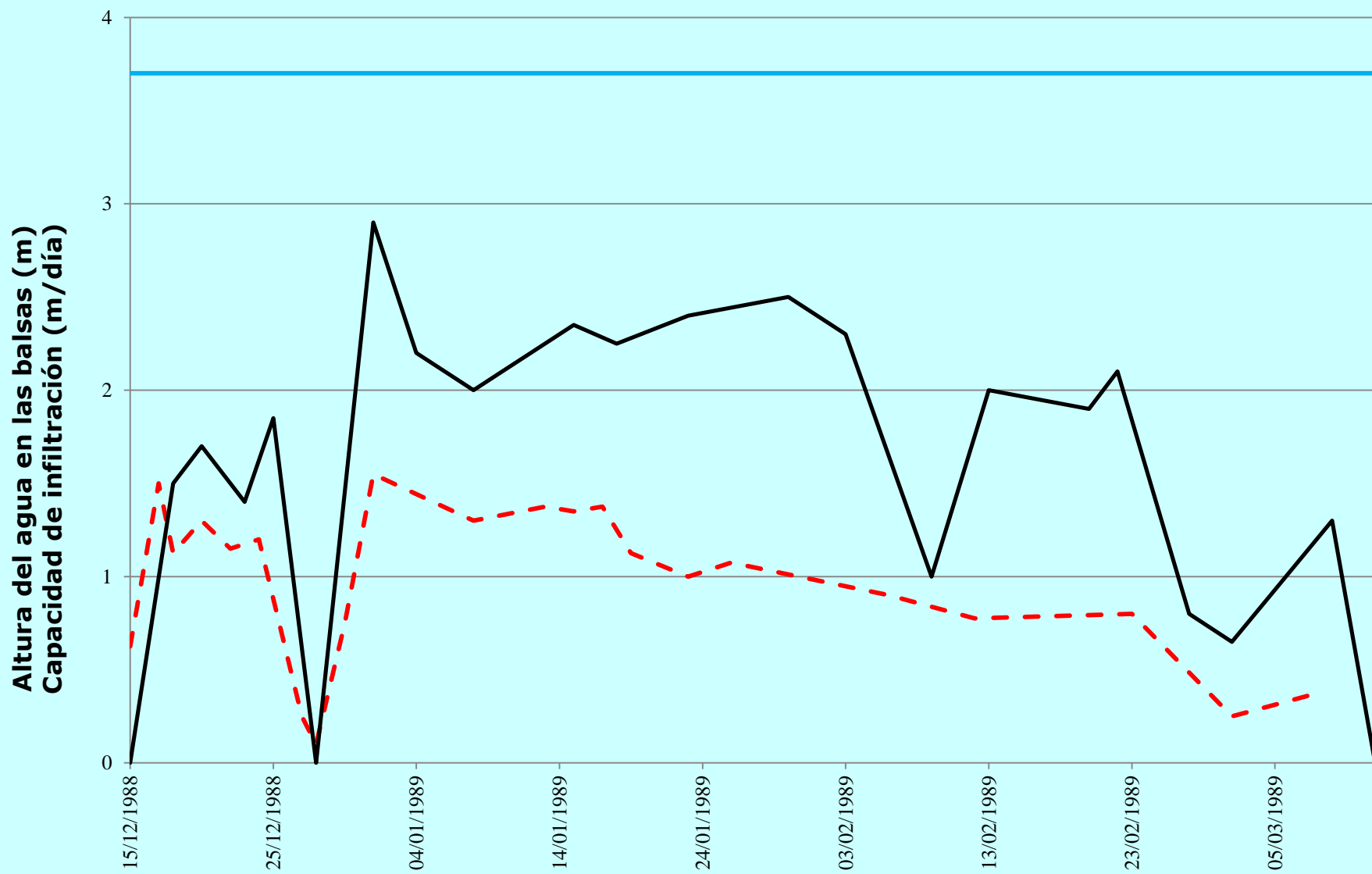
# ASPECTOS AMBIENTALES

- **El impacto puede ser tanto de índole positivo como negativo. Es preciso realizar una evaluación previa a la obra para caracterizar los perjuicios o beneficios que se producirán.**
- **La reciente incorporación de condicionantes de tipo ecológico e índole medioambiental, que llevan aparejados la imposición de limitaciones cada vez más estrictas, será uno de los factores que más habrá de estudiarse en los próximos años.**

# EL PROBLEMA DE LA COLMATACION

- MECANICA
- QUÍMICA
- BIOLÓGICA





**FECHA**

--- Capacidad de infiltración (m/día)      — Cota vertedero (m)      — Altura lámina de agua (m)

# LA COLMATACIÓN COMO PRINCIPAL PROBLEMA Y SUS SOLUCIONES

<b>TIPO DE DISPOSITIVO</b>	<b>PROCEDIMIENTO DE DESCOLMATACIÓN</b>
Dispositivos de recarga en superficie	Dejar secar la instalación de recarga.
	Escarificado de la parte colmatada.
	Extracción de la zona colmatada y posterior lavado.
Dispositivos de recarga en profundidad	Bombeo intenso a caudal superior al de recarga, o desarrollo mediante aire comprimido.



# ASPECTOS NO TÉCNICOS

Los aspectos no técnicos contemplan:

DISPONIBILIDAD DE TERRENOS

USO DEL SUELO

ACTITUD FAVORABLE DE LAS AUTORIDADES PÚBLICAS Y GESTORAS DEL AGUA

CONSIDERACIONES DE TIPO CULTURAL

CONDICIONANTES SOCIOECONÓMICOS

ASPECTOS LEGALES.

**AFECTAN TANTO A LA CONSTRUCCIÓN DE LA INSTALACIÓN DE RECARGA COMO A LOS DERECHOS DE PROPIEDAD DEL AGUA ALMACENADA EN EL ACUÍFERO POR LA REALIZACIÓN DE LA OPERACIÓN DE INFILTRACIÓN.**

# ANÁLISIS JURÍDICO

NORMA	TÍTULO	ÁMBITO
Directiva 2000/60/CE	Marco comunitario de actuación en el ámbito de la política de aguas	Unión Europea
Directiva 2006/118/CE	Protección de las aguas subterráneas contra la contaminación y el deterioro	Unión Europea
Real Decreto Legislativo 1/2001	Texto refundido de la Ley de Aguas	Nacional
Real Decreto 849/1986	Reglamento del Dominio Público Hidráulico, que desarrolla los títulos preliminar I, IV, V, VI y VII de la Ley 29/1985, de 2 de agosto, de Aguas	Nacional
Real Decreto 927/1988	Reglamento de la Administración Pública del Agua y de la Planificación Hidrológica, en desarrollo de los títulos II y III de la Ley de Aguas	Nacional
Ley 10/2001	Plan Hidrológico Nacional	Nacional
Real Decreto 907/2007	Reglamento de la Planificación Hidrológica	Nacional
Orden ARM/2656/2008	Instrucción de planificación hidrológica	Nacional
Real Decreto-ley 11/1995	Normas aplicables al tratamiento de las aguas residuales urbanas	Nacional
Real Decreto 509/1996	De desarrollo del Real Decreto-ley 11/1995	Nacional
Real Decreto 140/2003	Criterios sanitarios de la calidad del agua de consumo humano	Nacional
Real Decreto 1620/2007	Régimen jurídico de la reutilización de las aguas depuradas	Nacional
Real Decreto 1514/2009	Protección de las aguas subterráneas contra la contaminación y el deterioro	Nacional
Real Decreto 2618/1986	Se aprueban medidas referentes a acuíferos subterráneos al amparo del artículo 56 de la Ley de Aguas	Nacional
Ley 9/2010	Aguas	Andalucía
Ley 12/1990	Aguas	Canarias
Ley 1/2006	Aguas	País Vasco
Ley 9/2010	Aguas	Galicia
Decreto Legislativo 3/2003	Legislación en materia de aguas de Cataluña	Cataluña

+ Planes Hidrológicos de cada Demarcación hidrográfica

## LA RECARGA ARTIFICIAL EN LA DIRECTIVA MARCO DEL AGUA

Art. 11: Medidas básicas del programa de medidas para cumplir los objetivos medioambientales del artículo 4, que consistirán en:

f) Las medidas de control, con inclusión de un requisito de autorización previa, de **la recarga artificial** o el aumento de masas de agua subterránea.

La caracterización inicial del Anexo II de todas las masas de agua subterránea **deberán indicarse las posibles recargas artificiales que existan**

## DIRECTIVA RELATIVA A LA PROTECCIÓN DE LAS AGUAS SUBTERRÁNEAS CONTRA LA CONTAMINACIÓN Y EL DETERIORO

Artículo 6. Medidas para prevenir o limitar las entradas de contaminantes en las aguas subterráneas. (con el objetivo medioambiental del art. 4 DMA).

3. ... los Estados miembros podrán eximir de las medidas exigidas de conformidad con el apartado 1 a las entradas que sean resultado de una recarga artificial

# REAL DECRETO LEGISLATIVO 1/2001, POR EL QUE SE APRUEBA EL TEXTO REFUNDIDO DE LA LEY DE AGUAS.

## INDEFINICIÓN ABSOLUTA TAMPOCO DEFINE QUÉ SE ENTIENDE POR RECARGA ARTIFICIAL

Artículo 42. Contenido de los planes hidrológicos de cuenca.  
Los Planes de Cuenca deberán contener un resumen de los Programas de Medidas que habrán de adoptarse para cumplir con los objetivos previstos, que deben contener:

k') Las directrices para **recarga y protección de acuíferos**.

**Artículo 122.** *Concepto de obra hidráulica.*

A los efectos de esta Ley, se entiende por obra hidráulica ...

**las que tengan como objeto la recarga artificial de acuíferos,**...

# REAL DECRETO LEGISLATIVO 1/2001, POR EL QUE SE APRUEBA EL TEXTO REFUNDIDO DE LA LEY DE AGUAS.

PODRÍAMOS VER RECARGA ARTIFICIAL IMPLÍCITA EN.....

## **Artículo 59.** *Concesión administrativa.*

1. Todo uso privativo de las aguas no incluido en el artículo 54 requiere concesión administrativa.
5. No obstante lo dispuesto en el apartado 1, los órganos de la Administración Central o de las Comunidades Autónomas podrán acceder a la utilización de las aguas previa autorización especial extendida a su favor o del Patrimonio del Estado, sin perjuicio de terceros.

## **Artículo 100.** *Concepto de vertido.*

A los efectos de la presente Ley, se considerarán vertidos los que se realicen directa o indirectamente en las aguas continentales, así como en el resto del dominio público hidráulico, cualquiera que sea el procedimiento o técnica utilizada. Quedan prohibidos salvo autorización.

## **Artículo 102.** *Autorización de vertido en acuíferos y aguas subterráneas.*

Cuando el vertido pueda dar lugar a la infiltración o almacenamiento de sustancias susceptibles de contaminar los acuíferos o las aguas subterráneas, sólo podrá autorizarse si el estudio hidrogeológico previo demostrase su inocuidad.

**REAL DECRETO LEGISLATIVO 1/2001, POR EL QUE SE APRUEBA EL  
TEXTO REFUNDIDO DE LA LEY DE AGUAS.**

**REAL DECRETO 849/1986 POR EL QUE SE APRUEBA EL  
REGLAMENTO DEL DOMINIO PÚBLICO HIDRÁULICO, QUE  
DESARROLLA LOS TÍTULOS PRELIMINAR I, IV, V, VI Y VII DE LA  
LEY 29/1985, DE AGUAS.**

**Se puede deducir que la recarga artificial en el sistema  
legal español se somete a un doble sistema:**

**CONCESIÓN:** Para poder disponer del agua necesaria  
para la misma

**AUTORIZACIÓN DE VERTIDO:** Para poder infiltrarla en el  
acuífero sea cual sea el sistema de recarga y previo  
estudio hidrogeológico que demuestre su inocuidad.



# LEY 9/2010, DE 30 DE JULIO, DE AGUAS PARA ANDALUCÍA.

## Artículo 4. Definiciones

3. Almacenamiento subterráneo: almacenamiento temporal en un acuífero profundo de líquidos o gases mediante técnicas de recarga artificial.

16. Recarga artificial: conjunto de técnicas que permiten, mediante intervención programada e introducción directa o inducida de agua en un acuífero, incrementar el grado de garantía y disponibilidad de los recursos hídricos, así como actuar sobre la calidad. (directamente tomada de IGME)

Reconoce en el artículo 8 la competencia de la Comunidad Autónoma de Andalucía en el ámbito de las aguas de su competencia sobre:

d) La ordenación de los usos de las aguas subterráneas y la recarga de acuíferos.

## Artículo 106. Infracciones

1. Leves:

q) El almacenamiento de aguas en cauce y de aguas pluviales, así como la recarga de acuíferos, sin la previa autorización administrativa.

# LEY 9/2010 DE AGUAS PARA ANDALUCÍA.

## **Artículo 56. Recarga artificial en las masas de agua subterránea.**

1. La recarga artificial o almacenamiento temporal para aumentar la regulación de recursos hídricos o recuperar masas de agua en riesgo podrá hacerla de oficio la Consejería competente en materia de agua, y, previa su autorización, la comunidad de usuarios constituida sobre la correspondiente masa de agua subterránea o un usuario singular.

2. A la solicitud de autorización se acompañará:

a) Informe hidrogeológico suscrito por personal técnico competente donde figure una caracterización completa de la masa de agua subterránea, y claramente definida la estructura del almacén y sus límites.

b) Justificación de la necesidad de efectuar la recarga y destino que se dará al agua almacenada.

c) Volumen de agua a inyectar y previsión de su movimiento.

d) Documento que acredite la disponibilidad de recursos y calidad del agua a inyectar, así como posibles interacciones con el agua del acuífero.

e) Programa de recarga y extracción, en el que se tendrá en cuenta la explotación de las masas de agua subterránea según lo dispuesto por los planes de sequía, en el caso de que existan.

3. La persona titular de la autorización de la recarga dispondrá de los volúmenes de agua que expresamente autorice la Consejería competente en materia de agua, con las limitaciones que se establezcan con motivo de dicha autorización.

La persona titular de la autorización de recarga podrá solicitar de la Consejería competente en materia de agua la fijación de un perímetro de protección en el entorno de la zona de recarga.

# **PROBLEMAS A NIVEL LEGAL DE LA RECARGA ARTIFICIAL DE ACUÍFEROS EN ESPAÑA**

**DESDE EL PUNTO DE VISTA TÉCNICO, LA RECARGA ARTIFICIAL ES UNA TECNOLOGÍA QUE HA DEMOSTRADO EN TODO EL MUNDO SU UTILIDAD.**

**SIN EMBARGO, EN ESPAÑA APENAS ESTÁ DESARROLLADA. HABLAMOS DE MENOS DE 5 PROYECTOS ACTUALMENTE EN CURSO EN EL PAÍS.**

## **RAZONES Y SOLUCIONES:**

- 1. Marco legal prolijo pero poco claro y perjudicial. Demasiados requerimientos.**
- 2. La recarga no debería considerarse vertido cuando se utilice como técnica de apoyo a la gestión hídrica.**
- 3. Hay que clarificar aspectos como:**
  - Propiedad del agua de recarga**
  - Propiedad del agua recargada.**
  - Régimen de utilización y concesional del agua recargada.**
  - Diferente trato si es a iniciativa pública (investigación-gestión) o privada.**
- 4. El modelo normativo podría ser la ley de aguas de Andalucía.**
- 5. El modelo de aplicación podría ser el de la Cuenca del Duero.**
- 6. Si no se mejora el marco legal, la recarga artificial no se desarrollará en España.**