

CANALES DE DRENAJE CON FINES DE ALMACENAMIENTO DE AGUA PARA RIEGO

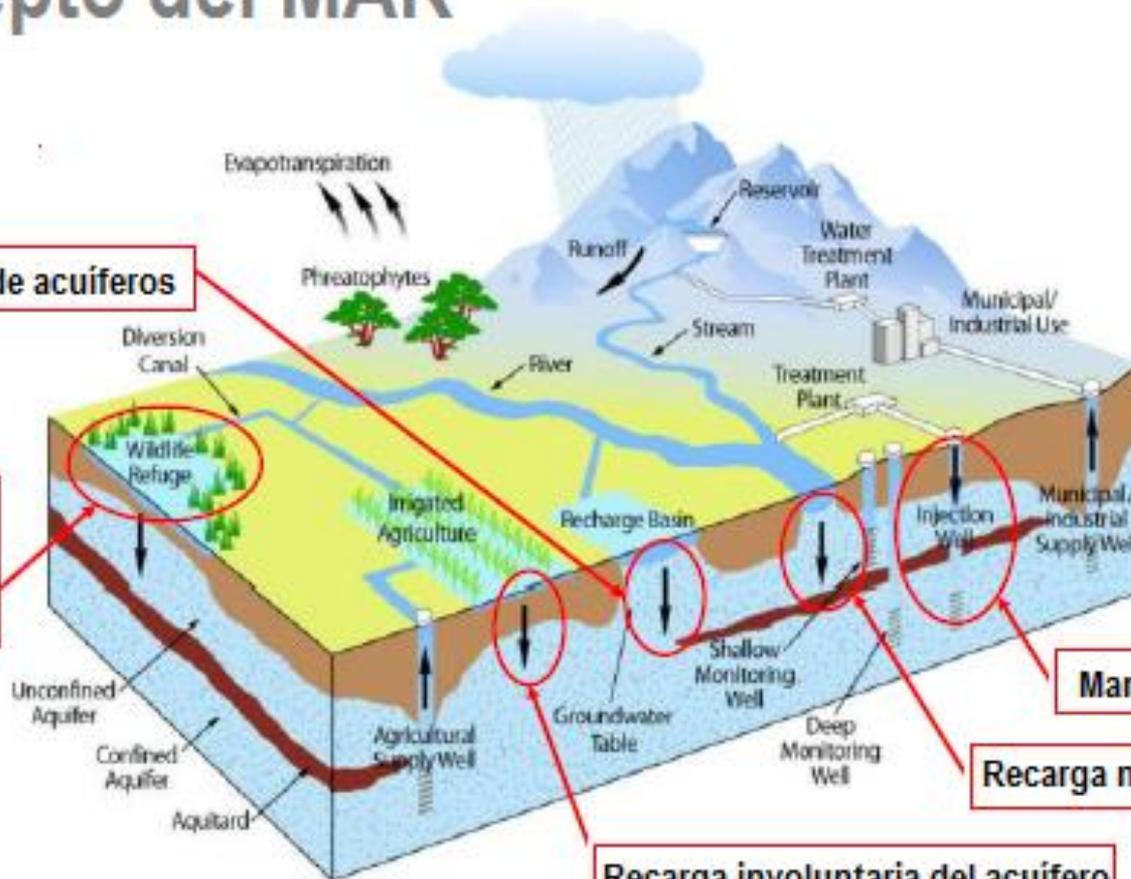
Recarga de Acuíferos

- En un sentido amplio, la recarga acuífera es el **proceso de incorporación del agua a los acuíferos.**
 - La procedencia de este agua puede ser de precipitación, aguas superficiales, transferencia de acuíferos, retornos de riegos, fugas de redes de agua, inyección artificial, etc.
 - En función del origen de la fuente de agua puede distinguirse entre **natural** y **artificial.**
- Usualmente, los estudios de recarga acuífera natural consideran la que tiene como procedencia el agua de precipitación.
 - La propiedad hidráulica determinante en el proceso de recarga es la **permeabilidad.**
 - El movimiento descendente del agua esta condicionado por la permeabilidad **vertical** del suelo o formación, mientras que el lateral por su permeabilidad **horizontal.**

Concepto del MAR

Manejo de recarga de acuíferos

Recarga natural subterránea



Manejo de recarga de acuíferos

Recarga natural subterránea

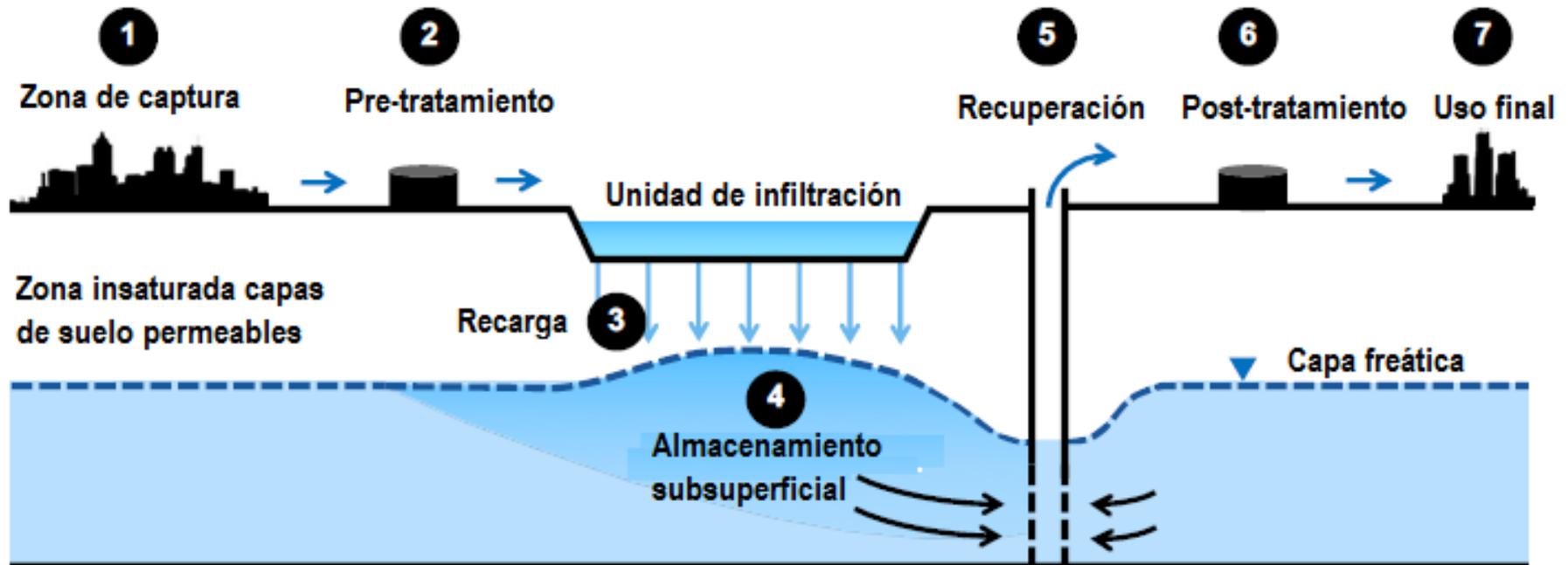
Recarga involuntaria del acuífero

Source: http://ponce.sdsu.edu/groundwater_sustainable_yield_01.jpg

Componentes del MAR

Acuíferos no confinados

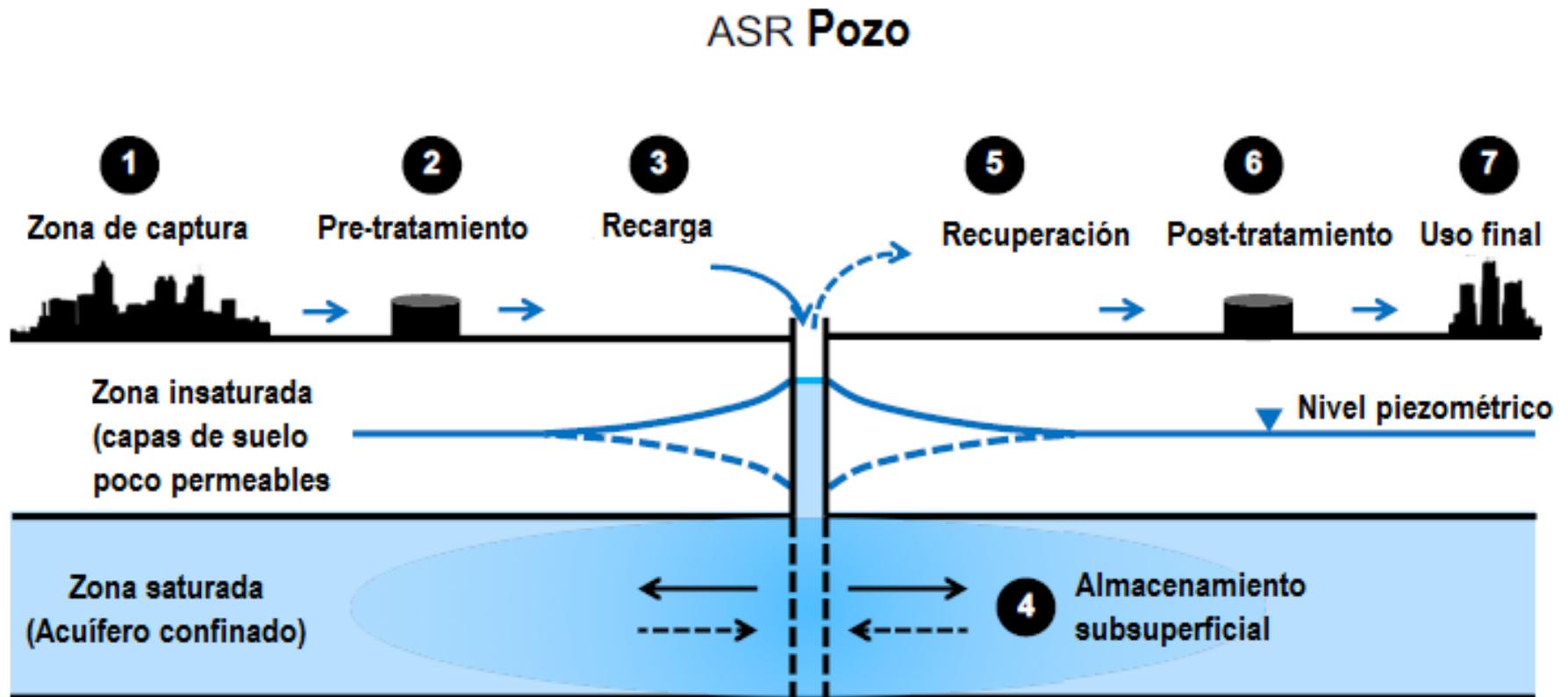
Cuencas de infiltración



Source: adapted from Dillon et al., 2009

Componentes del MAR

Acuíferos confinados



Source: adapted from Dillon et al., 2009

Porqué MAR? Principales Objetivos

A. Maximiza el almacenamiento natural

- Almacenamiento estacional
- Almacena a largo plazo (banco de reserva)
- Se almacena para emergencias
- Almacenamiento diario

C. Sistemas de distribución y manejo del agua

- Mantenimiento del flujo y la presión del sistema de distribución
- Almacenamiento de agua tratada

B. Manejo físico del acuífero

- Restauración de niveles de agua subterránea
- Reducción de hundimientos de tierra
- Prevención de intrusión salina
- Mejora la producción de los pozos
- Control hidráulico de avances de contaminantes

D. Manejo de la calidad del agua

- Mejora la calidad del agua
 - Reduce la desinfección de subproductos (DBPs)
 - Reduce la pérdida de nutrientes por escorrentía
 - Estabiliza el agua en acuíferos de origen carbonatados (kárticos)
-

Porqué MAR? Principales Objetivos

E. Beneficios ecológicos

- Reduce la captación de agua subterránea
- Mantiene las reservas
- Imprime un menor impacto
- Minimiza el uso de la tierra
- Controla la temperatura

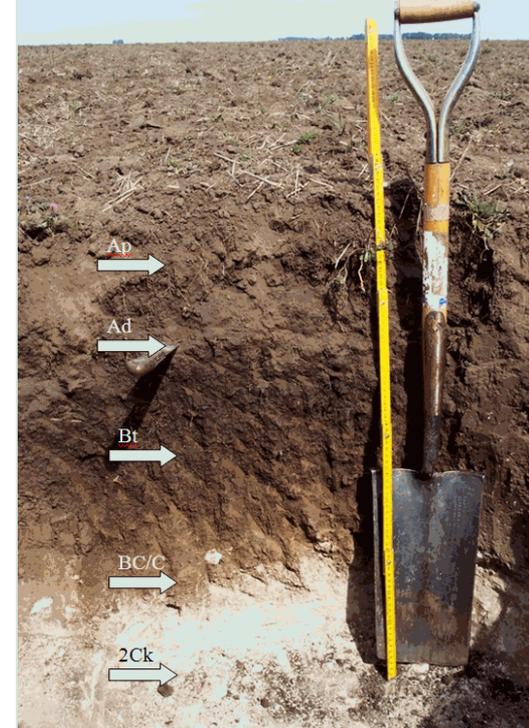
F. Otros beneficios

- Aplaza la expansión del agua
 - Utiliza acuíferos salinos
 - Almacena enormes cantidades de agua
 - Rápida implementación y escenarios mejorados
 - Relativo bajo costos
 - Mitiga efectos del cambio climático
 - Ahorra pérdidas por evaporación
-

Datos

- Geología
- Hidrogeología
- Suelos
- Modelos de elevación digital
- Uso de la tierra
- Fisiografía
- Registros climáticos
- Dinámica del agua subterránea (isohipsas, isofreáticas)
- Profundidad de pozos, caudales
- Hidrología, aforos, usos del agua
- Diversos mapas temáticos a escala $< 1:25,000$

RECARGA HÍDRICA



GIS-MCDA

Selección del sitio

- El objetivo es identificar los mejores sitios para una actividad definida (*Malczewski, 1999*).
- Esto se hace al clasificar las unidades básicas de estudio en que se subdivide el área de estudio (*ibid.*).

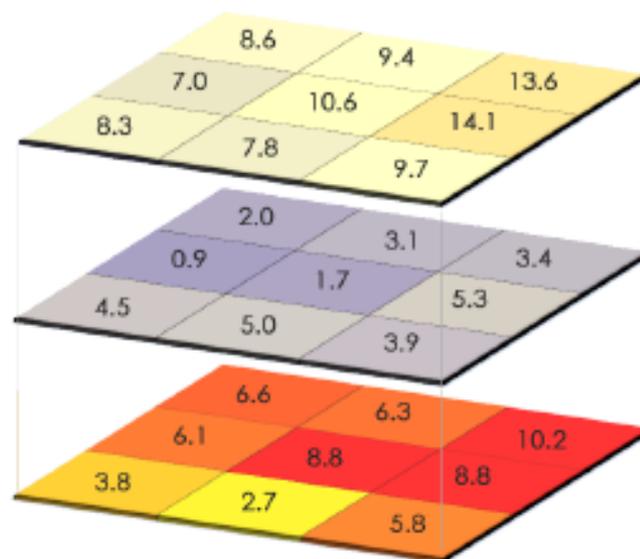


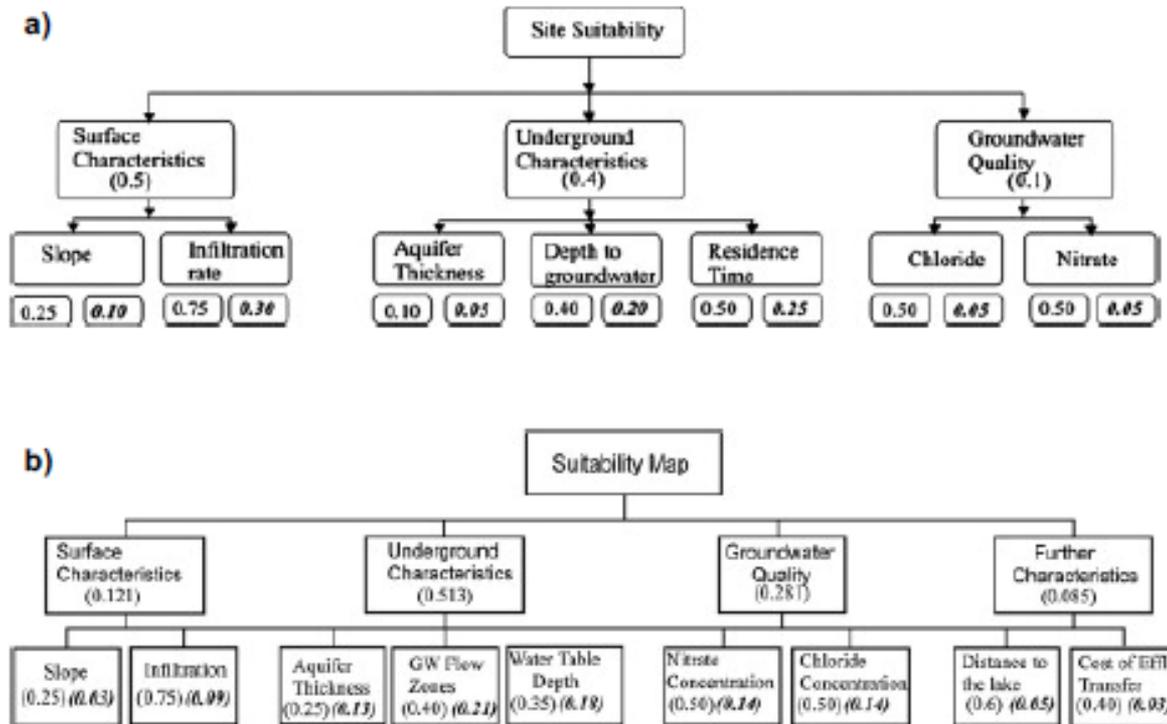
Fig. Ejemplo de algebra de mapas.

<http://gisgeography.com/map-algebra-2/> el 19.07.2016

GIS-MCDA para MAR

Jerarquía de criterios

Principales criterios

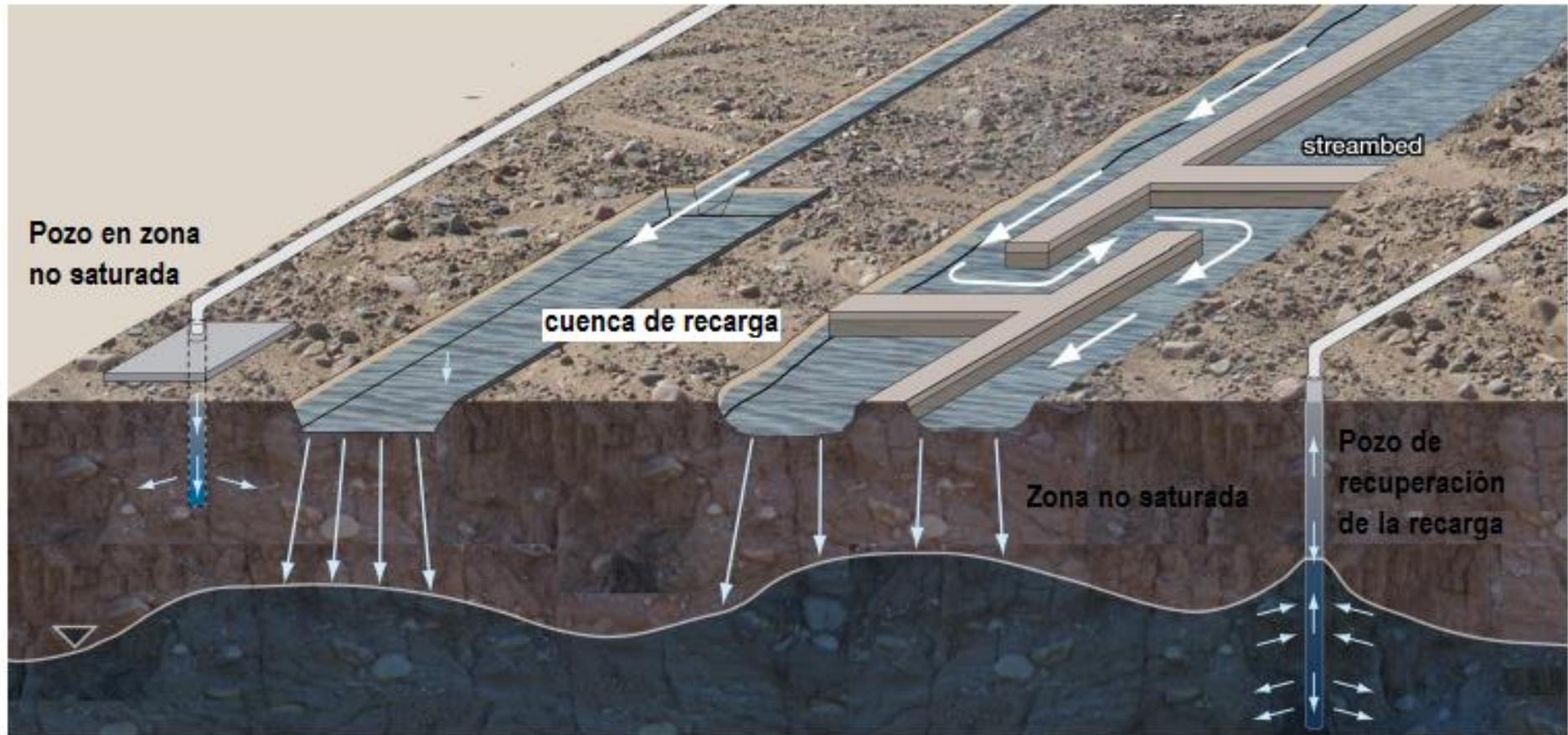


- Pendiente del terreno
- Geología (litología, geomorfología, densidad de alineamientos)
- Acuíferos (profundidad del nivel, calidad del agua)
- Use del suelo
- Suelos (textura y tasa de infiltración)

Fig. Jerarquía de criterios para un GIS-MCDA en a) Portugal and b) Gaza

Fuente: Rahman et al., 2012 y Rahman et al., 2013

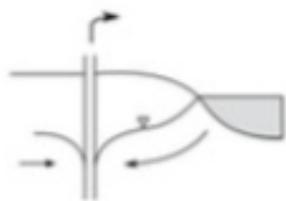
Ejemplos de métodos de MAR



Source: <http://www.riversimulator.org/Resources/AquiferRecharge/AquiferPhotos/DiagramRechargeMethods.jpg>

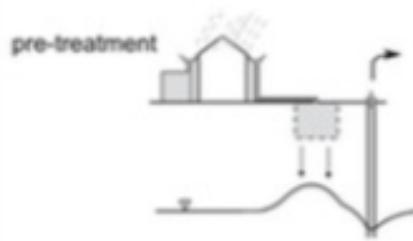
Clasificación de métodos para MAR

Bancos de infiltración

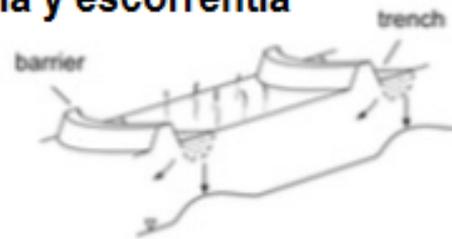


River/ Lake bank filtration

Cosecha de agua de lluvia y esorrentía



Rooftop harvesting

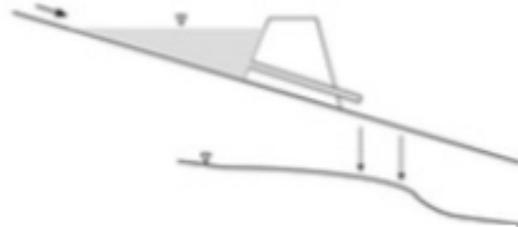


Barriers and trenches

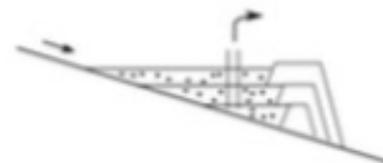
Modificaciones en canales



Presas de recarga



Recarga por presión hidrostática

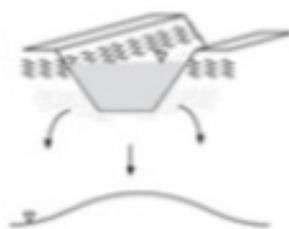


Presas de grava
y arena

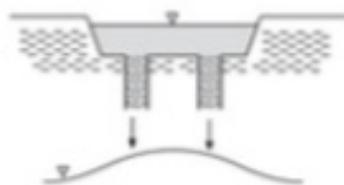
Source: Dillon, 2005

Clasificación de métodos para MAR

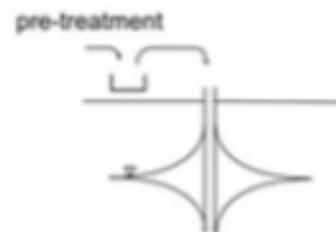
Pozos, ejes, presas, perforaciones de recarga



Shaft recharge



Borehole recharge

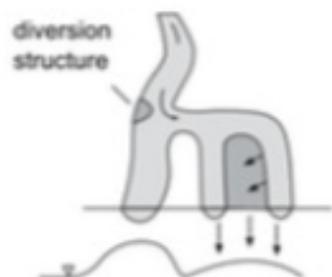


Aquifer storage
and recovery

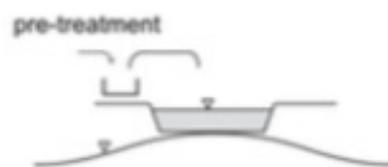


Subsurface dams

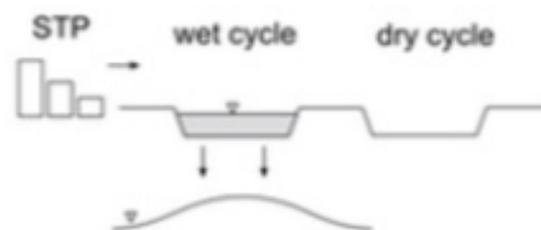
Métodos de difusión



Difusión de agua superficial

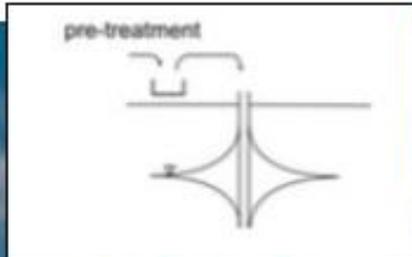


Estanques
de infiltración



Tratamiento del suelo

Las Vegas, Nevada, USA



Since: 1990

MAR type: Aquifer storage and recovery

Influent: Lake water

Final use: Domestic (water supply)

Purpose: Maximize natural storage



Source: USGS

Salisbury, AUSTRALIA

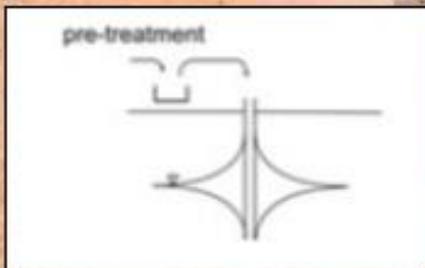
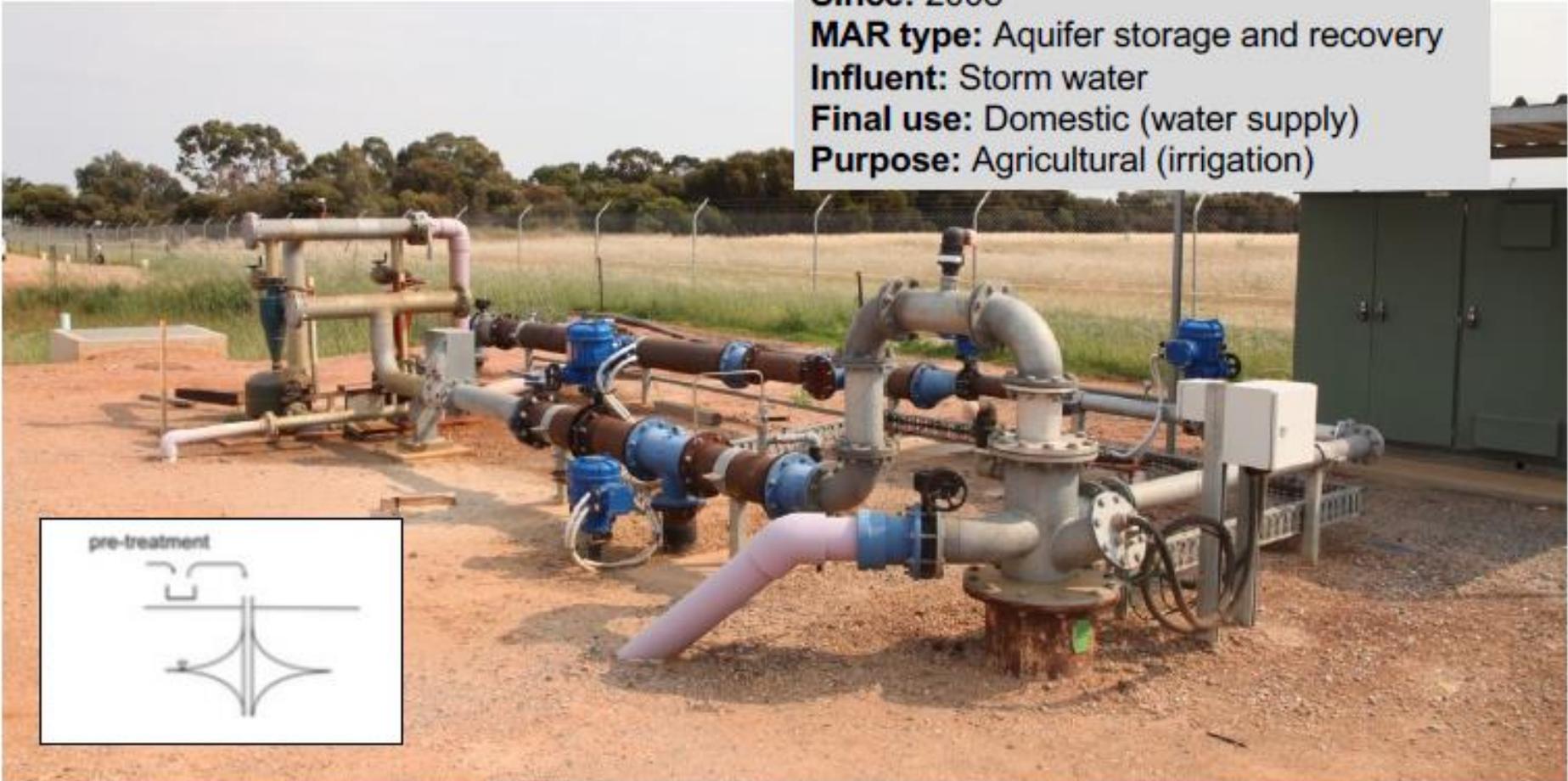
Since: 2008

MAR type: Aquifer storage and recovery

Influent: Storm water

Final use: Domestic (water supply)

Purpose: Agricultural (irrigation)



Source: Stefan, 2012

Florida, USA

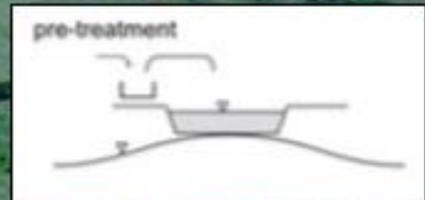
Since: 2004

MAR type: Infiltration basins

Influent: River water

Final use: Ecological

Purpose: Ecological benefits



Source: USGS Circular 1247

Shafdan, ISRAEL

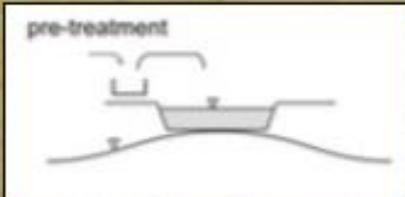
Since: 1977

MAR type: Infiltration basins

Influent: Reclaimed wastewater

Final use: Agriculture (irrigation)

Purpose: Water quality management



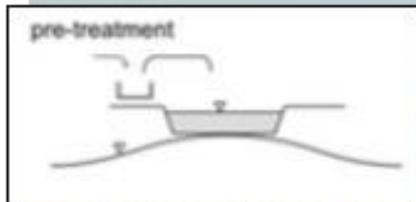
Source: Stefan, 2012

Shafdan, ISRAEL



Source: Fahl, 2012 (personal communication)

Omaruru Delta, NAMIBIA



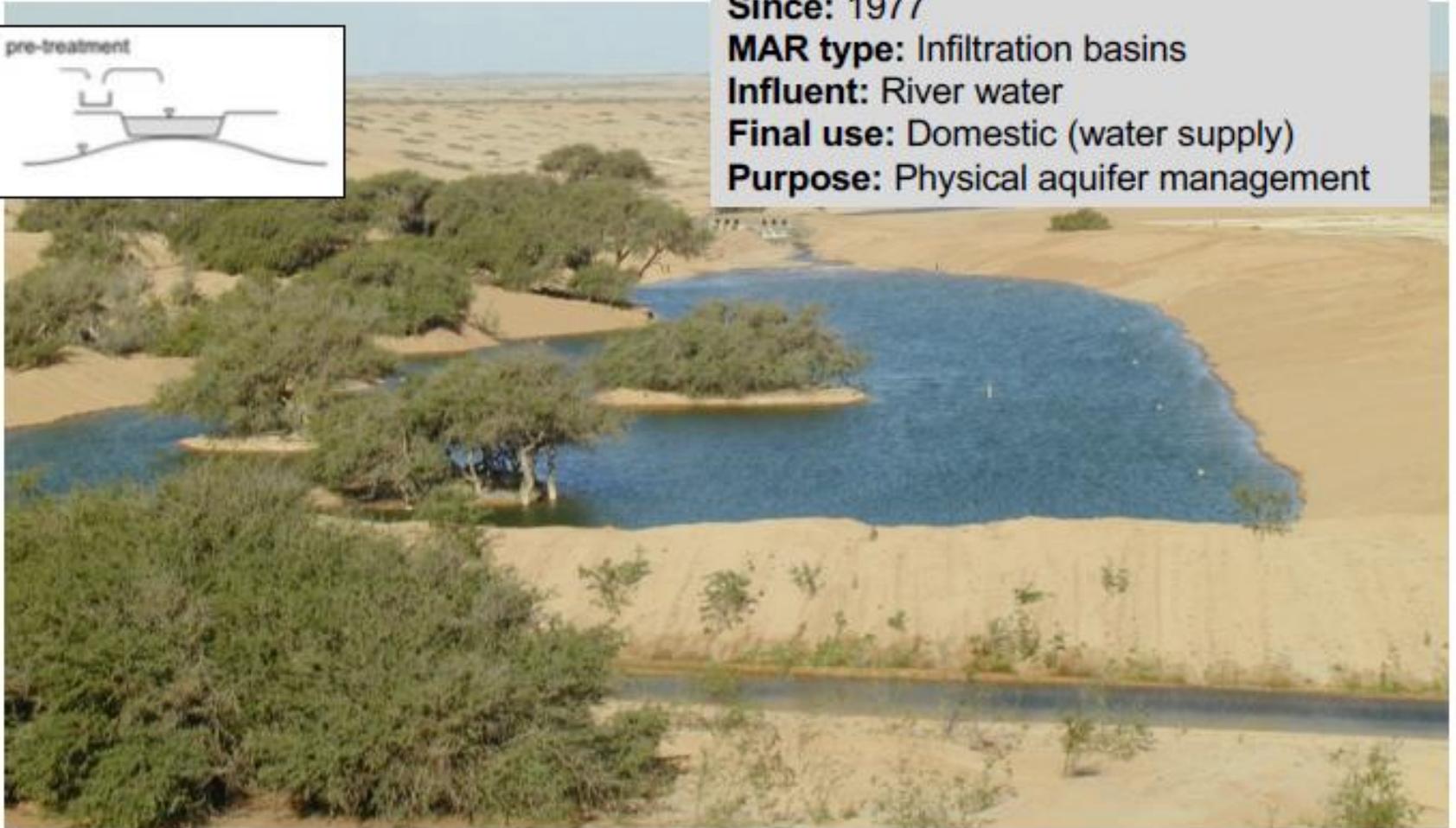
Since: 1977

MAR type: Infiltration basins

Influent: River water

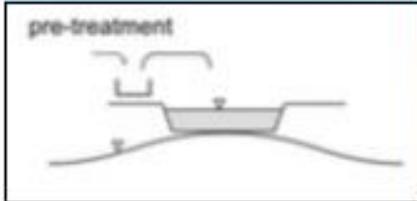
Final use: Domestic (water supply)

Purpose: Physical aquifer management



Source: Murray, 2009

Atlantis, SOUTH AFRICA



Since: 1979

MAR type: Infiltration basins

Influent: Reclaimed wastewater

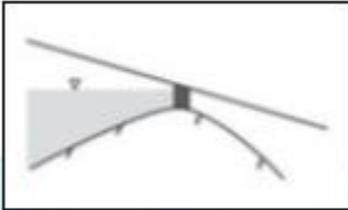
Final use: Domestic (water supply)

Purpose: Maximize natural storage



Source: Murray, 2009

BRAZIL



MAR type: Subsurface dams
Influent: Groundwater
Final use: Agriculture
Purpose: Maximize natural storage

PRÁCTICAS MECÁNICO - ESTRUCTURALES

1. Prácticas de almacenamiento y captación de agua

- a. Micropresas
- b. Pozas de almacenamiento
- c. Estanques de captación de agua
- d. Terrazas de captación

2. Prácticas para la conducción, control y evacuación del agua

- a. Acequias de ladera
- b. Canales de desviación
- c. Canales vegetados
- d. Drenes subterráneos y superficiales

- e. Zanjillas de desagüe
- f. Vertimientos de agua
- g. Defensas ribereñas y control de torrentes
(ver cuadro adjunto)

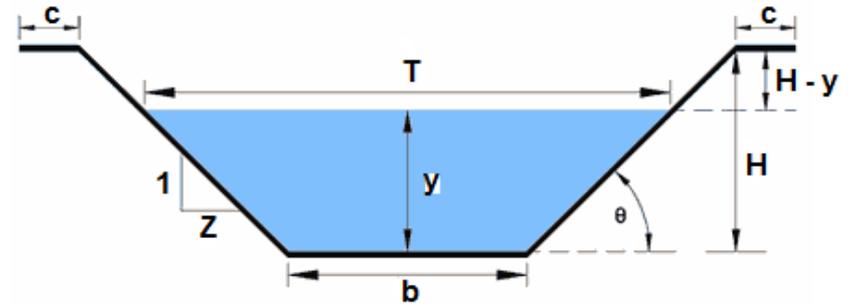
3. Prácticas para la distribución y aplicación del agua

- a. Terrazas de banco o bancales
- b. Terrazas con plataforma inclinada
- c. Terrazas de camellón
- d. Terrazas individuales

CANALES DE DESVIACIÓN

Son aquellos que interceptan, desvían y transportan el agua de escorrentía proveniente de zonas altas donde hay cultivos en contorno, cultivos en fajas, rotaciones, terrazas y que llevan el caudal hacia un sistema de drenaje mayor, a manera de evitar daños al sistema agrícola o infraestructura instalada.

Es un canal abierto, generalmente sin revestimiento y para su diseño se toma en cuenta la textura del suelo, la erodabilidad, profundidad de excavación factible, resistencia de la excavación y pendiente del terreno.



$$Q = \frac{1}{n} A \times R^{\frac{2}{3}} \times S^{\frac{1}{2}}$$

Donde:

Q = Caudal (en m³/seg)

n = Coeficiente de rugosidad (adimensional)

A = Área de la sección transversal del canal (m²)

R = Radio hidráulico (m)

S = Pendiente del canal (en función relativa)

V = Velocidad media del fluido (m/seg)

CANALES VEGETADOS

Es un canal revestido con vegetación, cuya función es recibir el agua descargada por los canales de desviación y terrazas de canal, y conducirla en forma suave y sin perjuicio al suelo, hasta un punto de descarga estable. Su diseño también se basa en la fórmula de Manning. Es común su uso en zonas de topografía ondulada, de pendientes moderadas de un máximo de 15%. Debe agregarse a su diseño, obras auxiliares como transiciones de flujo, caídas, alcantarillas, puentes y otros. Debe considerarse: la ubicación del canal, diseño del canal, construcción del canal y mantenimiento del canal.



DRENES SUBTERRÁNEOS Y SUPERFICIALES

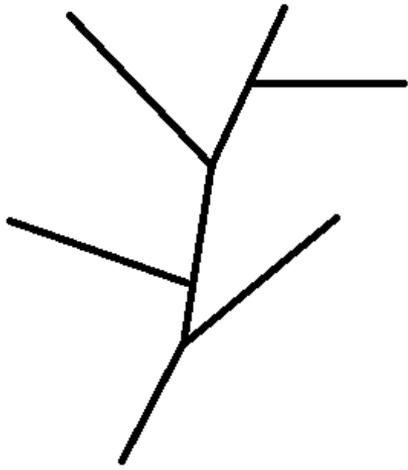
Es un cauce natural o artificial abierto o subterráneo por donde se evacúa los escurrimientos superficiales de las aguas excedentes o filtraciones, propiciando su salida de los terrenos a fin de evitar aguas estancadas o excesos de humedad que impiden el desarrollo de los cultivos.

El criterio para ubicar los drenes debe orientarse según la pendiente del terreno, calculo de la profundidad de los drenes se basa en el cultivo, suelo, hidrogeología del sitio y costos.

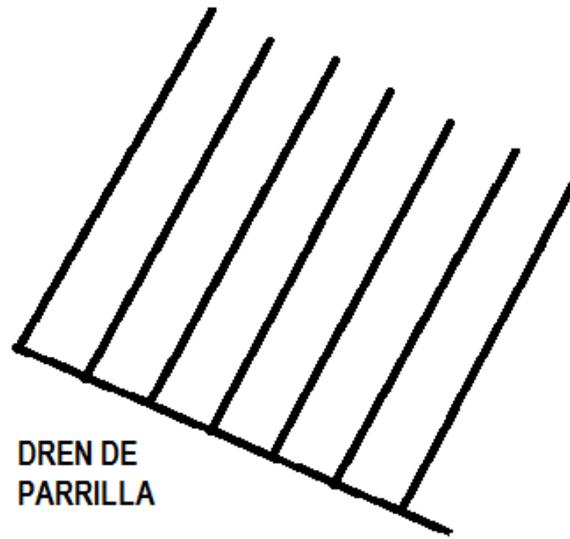
Un buen drenaje beneficia lo siguiente:

- Facilita la labranza y la siembra temprana.
- Aumenta la duración del período de cultivo.
- Facilita la aireación del suelo.
- Asegura la temperatura más alta en el suelo.
- Provee a las plantas humedad aprovechable y elementos nutritivos.
- Lava las sales en exceso.
- Mejora los procesos microbiológicos.
- Reduce la incidencia de plagas y enfermedades.

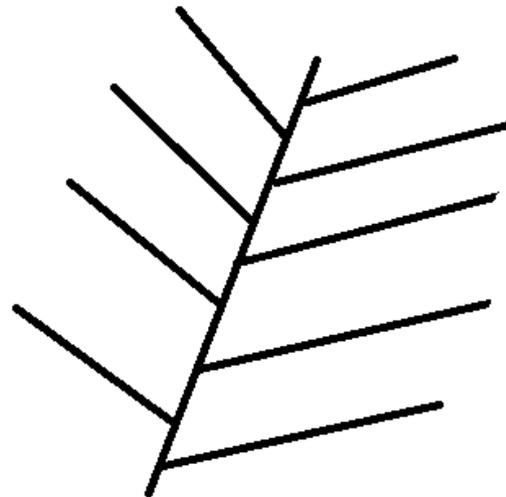
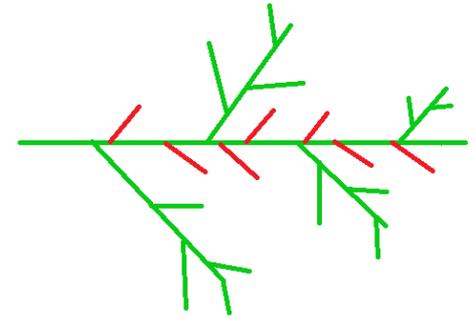
TIPOS DE DRENES



DRENAJE NATURAL



DREN DE PARRILLA



ESPINA DE PESCO



APLICACIÓN DE LA FORMULA DE HOOGHOUT PARA EL ESPACIAMIENTO DE DRENES

$$L^2 = \frac{4k(2D + H)H}{Cd}$$

Donde:

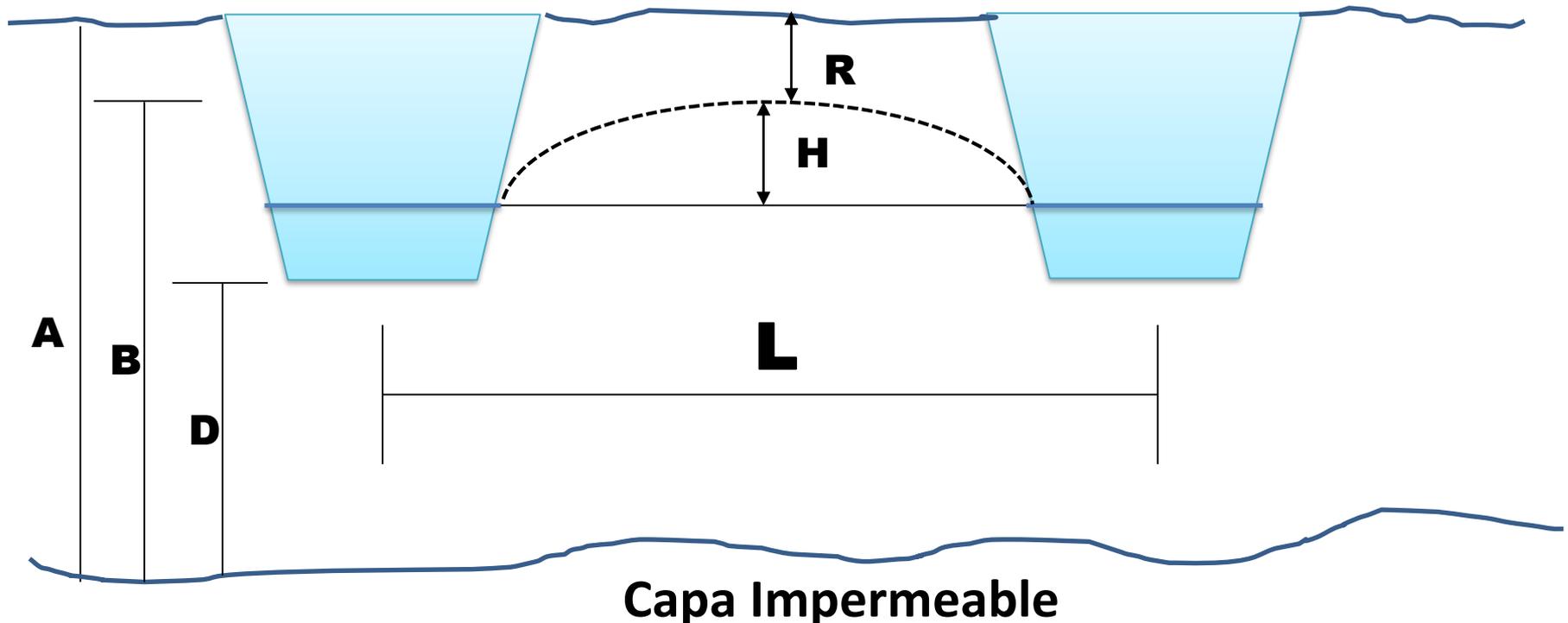
L = espaciamiento entre drenes (m)

k = conductividad hidráulica (m/día)

D = prof. De la capa impermeable a partir del nivel del dren

H = carga hidráulica en el punto medio entre drenes

Cd = Coeficiente de drenaje m o mm/día



PRÁCTICAS PARA LA DISTRIBUCIÓN Y APLICACIÓN DEL AGUA

- a. Terrazas de banco o bancales**
- b. Terrazas con plataforma inclinada**
- c. Terrazas de camellón**
- d. Terrazas individuales**

Son plataformas, bancos, terraplenes dispuestos en forma de escalones sobre las laderas suaves hasta muy inclinadas que bajo construcción estricta modifican las pendientes del terreno.

SURCOS TABICADOS



**Práctica denominada “CAJUELEO”
en café**



Riego por pozas de infiltración



Diseño Hidrológico de Zanjas de Infiltración

Las Zanjas de infiltración, son canales sin desnivel contruidos en laderas, los cuales tienen por objetivo captar el agua que escurre, evitando procesos erosivos de manto, permitiendo la infiltración del agua en el suelo.





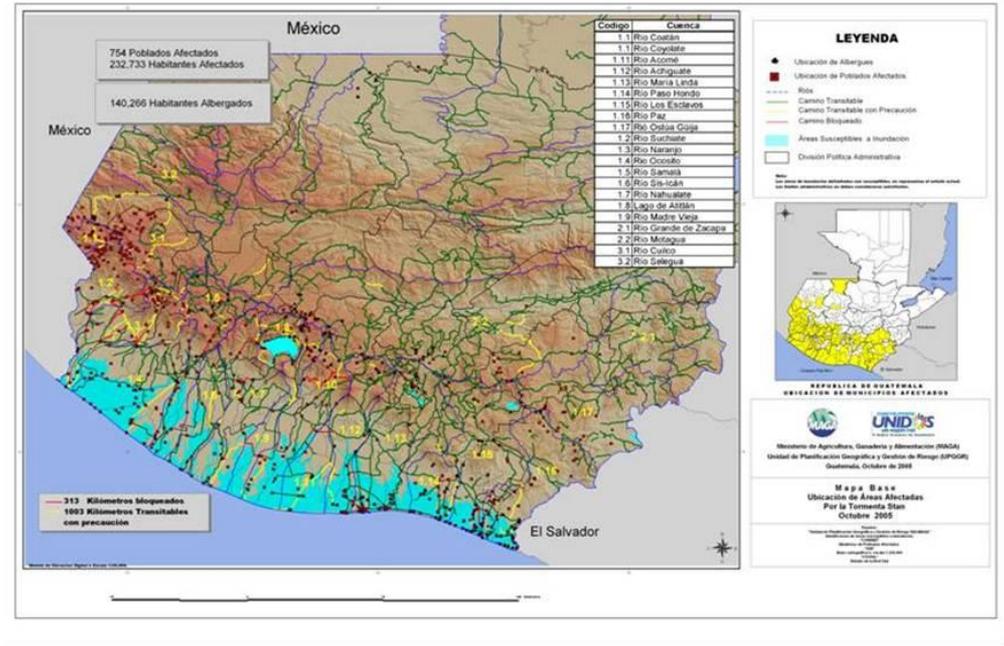


ACEQUIAS DE LADERA

DEFENSAS RIBEREÑAS Y CONTROL DE TORRENTES

- a. Diques de mampostería de piedra asentada
- b. Muros enmallados o gaviones
- c. Diques de concreto ciclópeo
- d. Diques de roca pesada
- e. Dados de concreto
- f. Diques de muros seco
- g. Caballos
- h. Diques de madera
- i. Mancarrones

- j. Gallineros
- k. Muros de piedraplén
- l. Muros de terraplén
- m. Bolsas
- n. Tetrápodos
- o. Diques transversales de madera
- p. Diques transversales de muro seco
- q. Diques transversales de concreto



BORDAS O DIQUES PARA EL CONTROL DE INUNDACIONES



GRACIAS

