



**Uso del agua en México: ¿ha sido congruente la forma de medición y asignación del agua con el estado de avance metodológico mundial?**

j joel carrillo rivera



CU, México DF, 22 de agosto del 2006

# AGUA EN EL PLANETA TIERRA

- **< 0.1%** **Superficial** (ríos, lagos, atmósfera, suelo, biósfera)
- 94 % salada (de mar)
- 2 % nieves perennes
- **≈ 4 %** **Subterránea**

## AGUA DULCE EN EL CONTINENTE

- **≈ 99.0%** **subterránea**
- **≈ 1 %** **superficial**



- Cambios menores en el volumen del agua subterránea impactan gravemente al agua superficial
- El agua subterránea es fundamental como fuente para los distintos usos y el mantenimiento de ecosistemas

# EXTRACCIÓN Y USO DEL AGUA EN MÉXICO

## EXTRACCIÓN EN BRUTO



## USOS DEL AGUA

### SUPERFICIAL

25% URBANO



25% INDUSTRIAL



<70% AGRÍCOLA



### SUBTERRÁNEA

75% URBANO (75 M. DE PERSONAS)



75% INDUSTRIAL



>30% AGRÍCOLA



y los ecosistemas?

El agua subterránea, parte decisiva del desarrollo sustentable, no se ve,  
por lo que no se considera

*¿Es importante el agua subterránea para los usos establecidos?*

- Abastece a más de 70 millones de mexicanos
- Aporta, al menos, un 35% de agua a la agricultura
- Nutre a ecosistemas
- Establece el equilibrio ambiental original
- No necesita ser conducida para llevarla al usuario
- Es elemento básico para reducir la pobreza
- Es independiente de sequías

El agua subterránea, parte decisiva del desarrollo sustentable, no se ve,  
por lo que no se considera

*¿Es importante el agua subterránea para los usos establecidos?*  
Cont'...

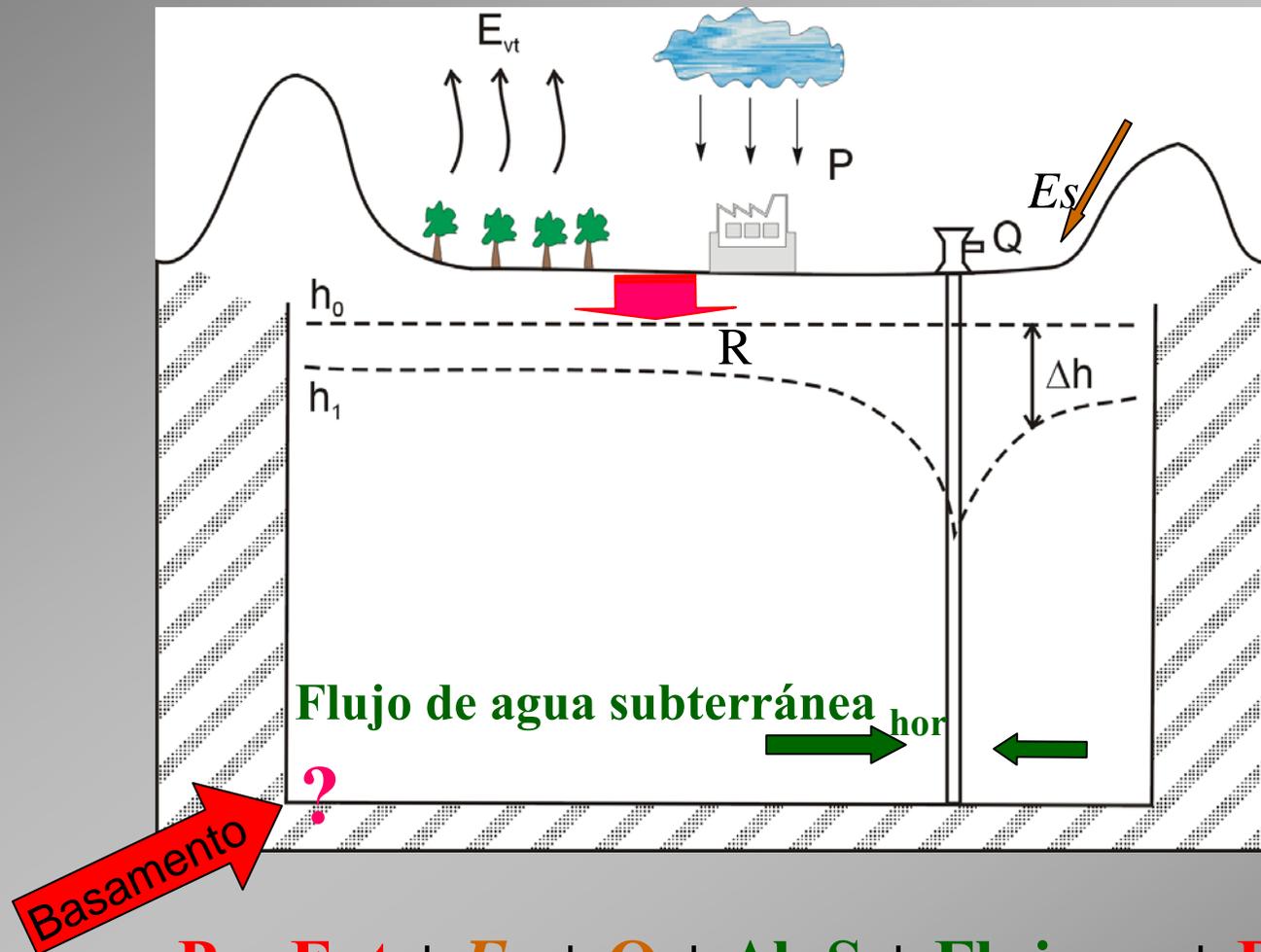
- Permite un desarrollo económico sin grandes inversiones
- Produce beneficios sociales directos
- Son raros los casos donde su uso generó retorno a la pobreza y conflicto social
- Siempre ha estado donde se le necesita
- Es factible controlar su calidad química

El agua subterránea, parte decisiva del desarrollo sustentable, no se ve,  
por lo que no se considera

## *Desventajas aparentes*

- Las consecuencias catastróficas asociadas con su uso, usualmente carecen de datos fiables y de análisis serios
- A menudo se presentan predicciones poco confiables de situaciones futuras mostrándose como si fuera la realidad
- Su uso implica impactos ambientales inevitables, que son, sin embargo, controlables y usualmente no son imputados al administrador del recurso: *sobreexplotación.*

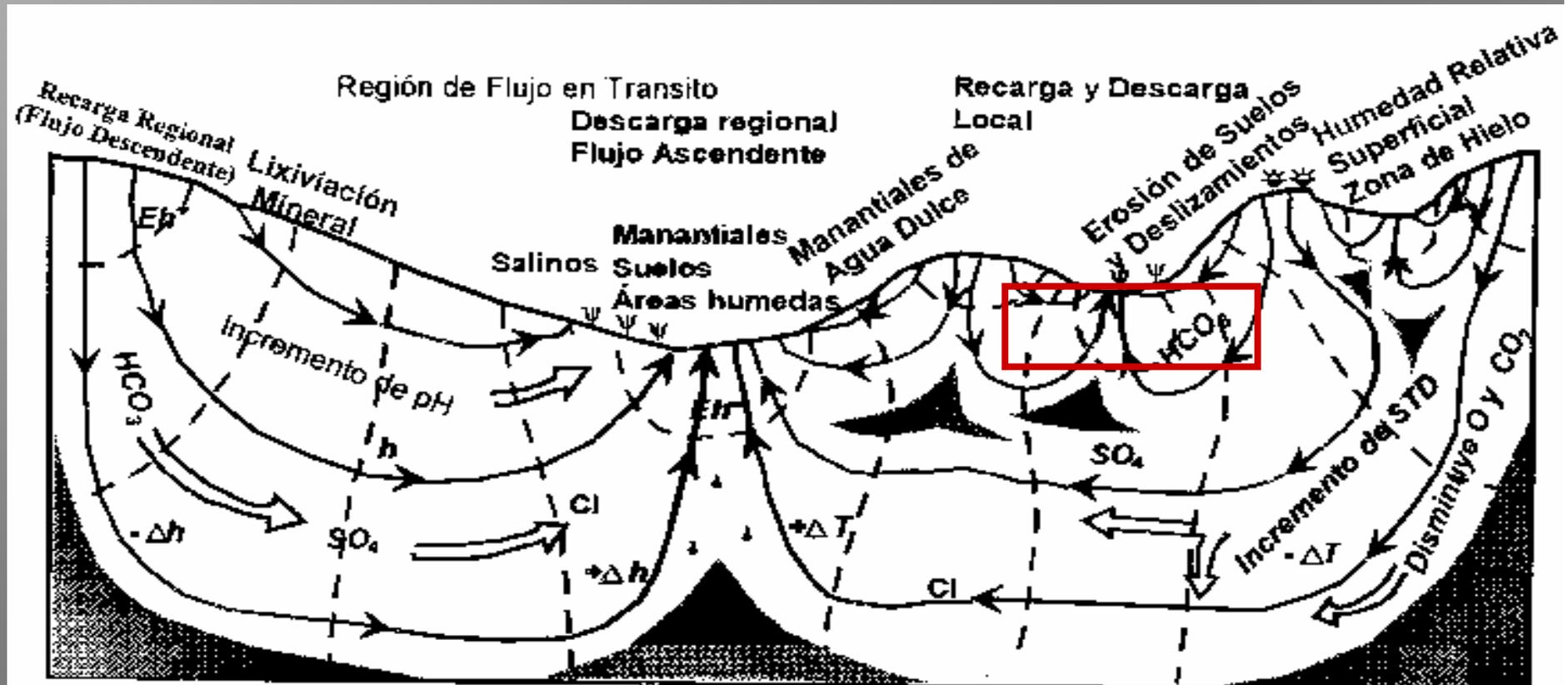
# Definición del recurso agua: el Balance Hídrico



$$P = E_{vt} + E_s + Q \pm \Delta h S \pm \text{Flujo}_{hor} + R$$

Raramente muestra condiciones, no incorpora procesos incluidos,  
 $E_{vt}$ ,  $P$ ,  $R$  difícilmente pueden corroborarse

# FUNCIONAMIENTO DEL AGUA SUBTERRÁNEA



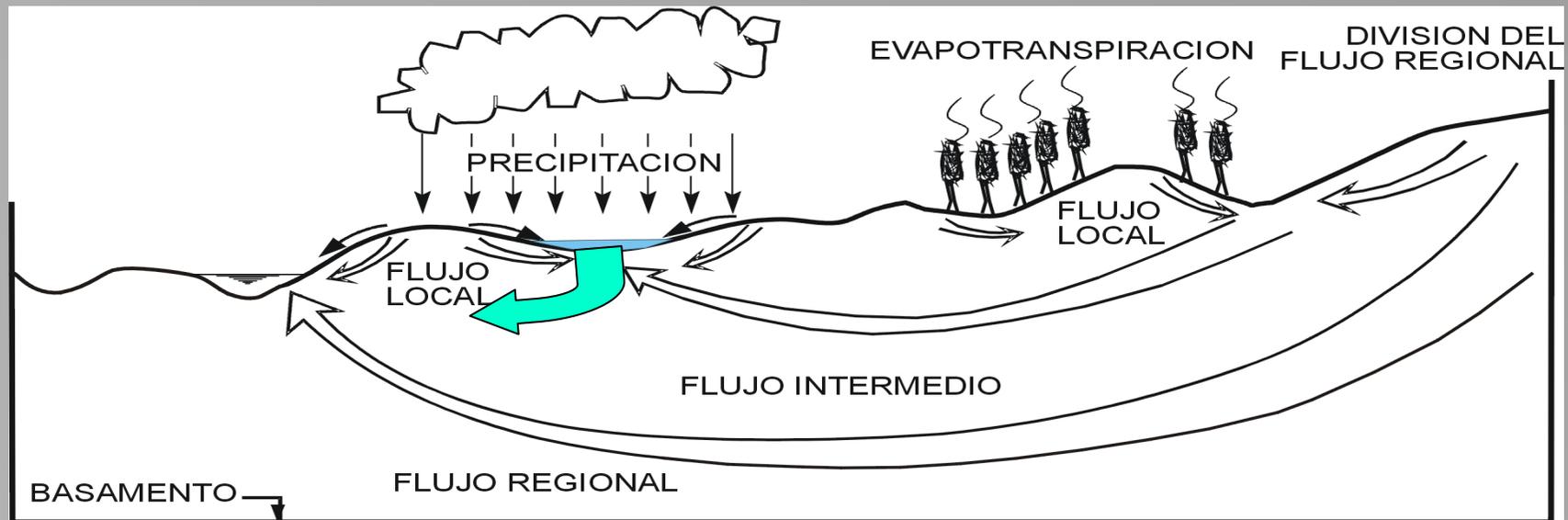
# LIMITACIONES DE LA CUANTIFICACIÓN DE PARÁMETROS

## PRECIPITACIÓN

- Densidad y localización de estaciones
- tipo de estación
- manejo de datos
- interpretación de resultados
- variación climática
- **Usualmente es un factor preponderante en un balance**

# ESCURRIMIENTO

- Densidad y tipo de estación
- cambio de cobertura del suelo
- duración e intensidad de tormenta
- separación de componentes del flujo base
- conceptuales de manejo de datos e
- interpretación de resultados



# EVAPOTRANSPIRACIÓN

Tecnológicas, conceptuales de manejo de datos e interpretación de resultados

**Fórmulas desarrolladas por físicos y climatólogos**

Teórica (física del proceso)

Analítica (balance de energía)

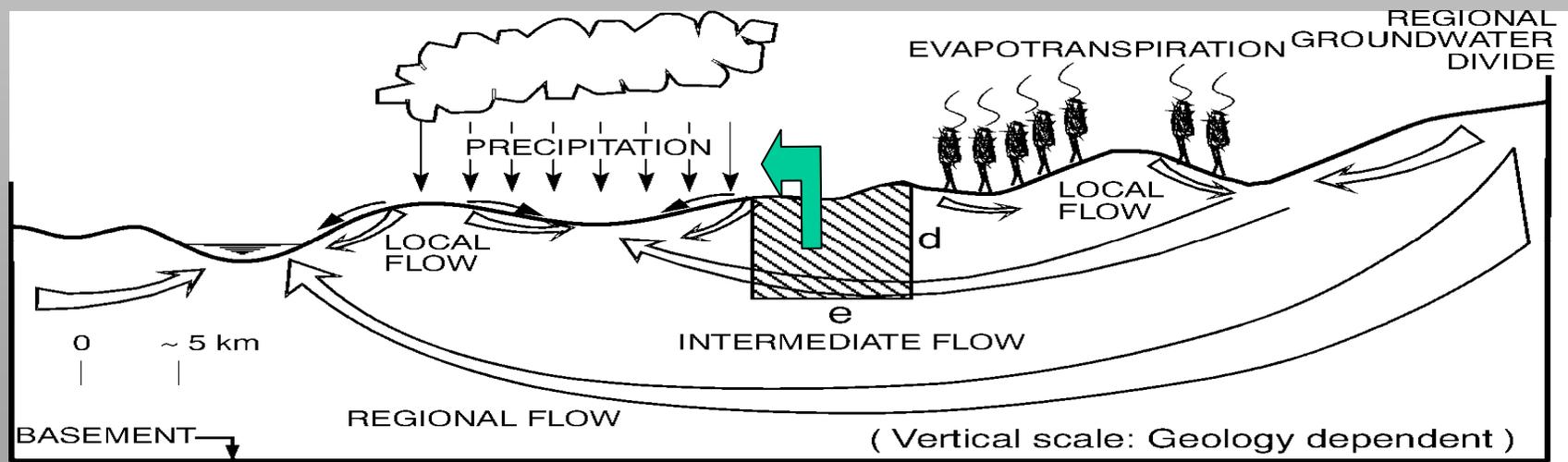
Empírica

**Depende de: clima, tipo de suelo, presión de vapor, velocidad del viento, temperatura, latitud, tiempo de insolación, edad y composición de especies vegetales, precipitación, profundidad al nivel freático, nivel topográfico, limitaciones por el cambio de escala. Usualmente es un factor preponderante en el balance**

# EXTRACCIÓN POR POZOS, NORIAS, MANANTIALES

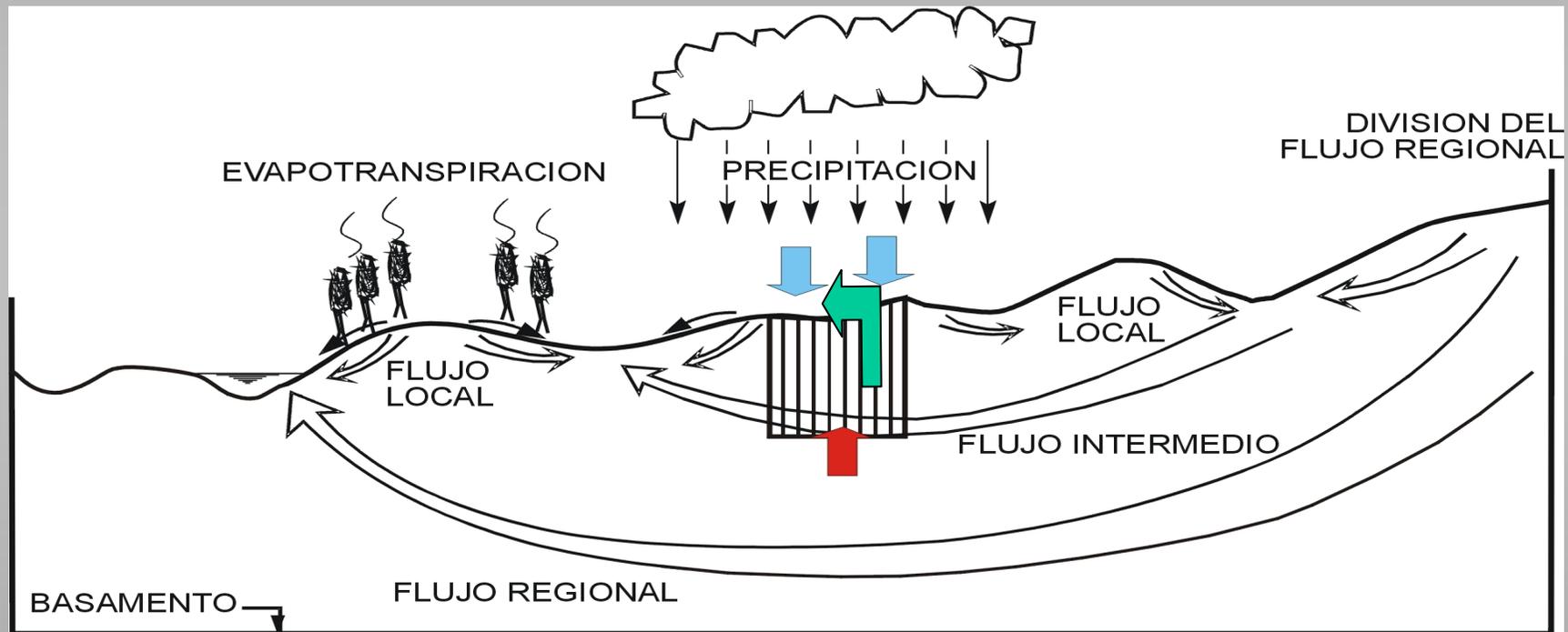
- Tecnológicas
- conceptuales de manejo de datos e
- interpretación de resultados

**Usualmente es un factor preponderante en un balance**



# RECARGA AL AGUA SUBTERRÁNEA

Tecnológicas, conceptuales de manejo de datos e interpretación de resultados



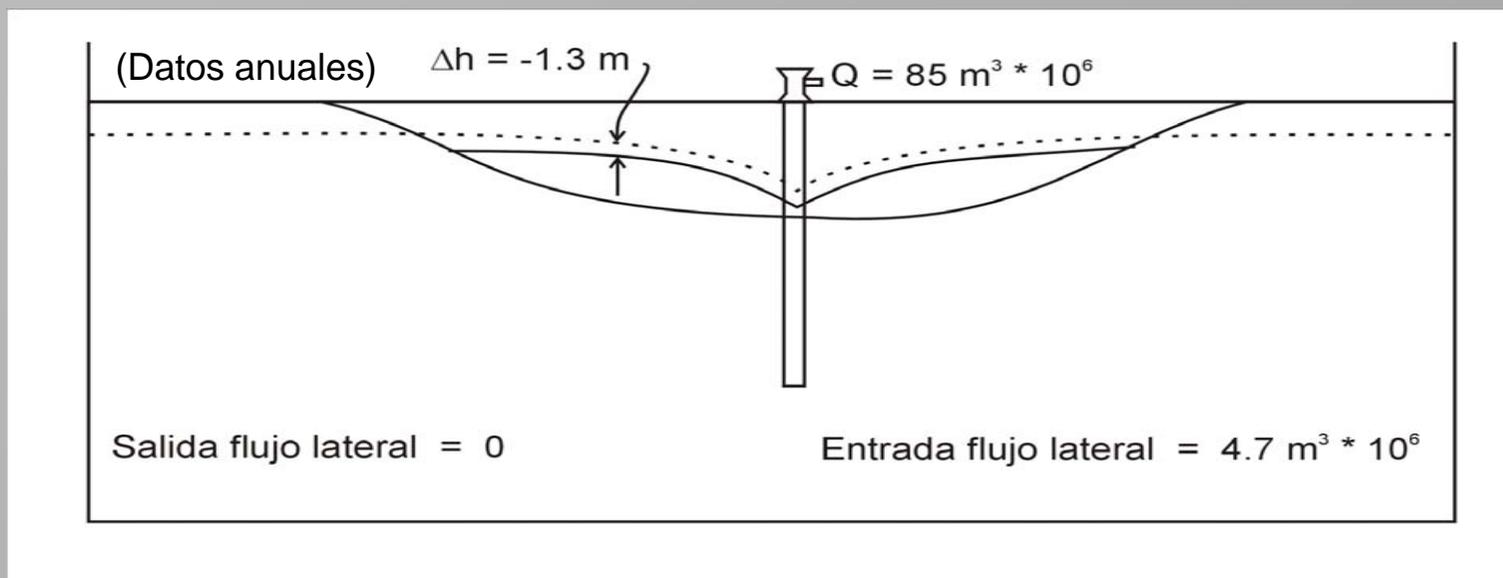
$$P = E_{vt} + E_{sc} + Q \pm \Delta h S \pm \text{Flujo hor} + R$$

# EJEMPLOS DE BALANCE HÍDRICO

## Cuenca de México

Zona	área (km <sup>2</sup> )	P (m <sup>3</sup> /s)	Evt (m <sup>3</sup> /s)	R + Esc
Metropolitana	3112.50	80.80	54.37	26.4
N y E de la cuenca	6475.07	145.98	108.11	37.8

## Cuenca de San Luís Potosí



# EL BALANCE HÍDRICO

- Los parámetros del balance tiene validez muy particular para trabajos de ingeniería hidráulica
- En forma estricta el balance hídrico sólo examina volúmenes de agua en un tiempo dado y se usa en zonas geográficas con límites arbitrarios
- Por definición, el balance hídrico no establece condiciones y procesos de la participación del agua subterránea

## EL BALANCE HÍDRICO

- El balance no es una herramienta que permita definir interacción entre agua superficial y subterránea en:
  - términos del funcionamiento de ecosistemas
  - respuesta ambiental (hundimiento, inundación, problemas de salud, erosión, pérdida de vegetación, etc)
- El agua subterránea es un agente geológico y por lo tanto, con memoria de los procesos ocurridos en un espacio y tiempo particulares

## EL BALANCE HÍDRICO

- El balance es cuestionable como método para determinar el caudal de “disponibilidad”, no para conocer el funcionamiento del agua superficial y subterránea, servicios ambientales, etc
- El balance está condicionado a la calidad y cantidad de información y es difícil ratificar los valores encontrados
- Aunque pudiera ser exacto en un balance:
  - i)* la recarga estimada no necesariamente es la cantidad de agua que se puede usar (una parte va a los ecosistemas)
  - ii)* no define las zonas de recarga, su jerarquía y procesos involucrados
  - iii)* no determina las zonas de descarga su jerarquía y vulnerabilidad

## EL BALANCE HÍDRICO

- No indica la realidad de cómo y dónde extraen agua los ecosistemas
- no indica la conexión entre agua superficial y subterránea y del flujo subterráneo intra-cuencas
- no indica cuál es la respuesta ambiental a la extracción
- no da indicios de respuesta en el agua subterránea a cambios en el ambiente externo
- el análisis de los sistemas de flujo propone un modelo aceptable que incluye y constata información asequible
- el análisis de los sistemas de flujo incorpora conceptos para definir condiciones y procesos aplicables a establecer servicios ambientales del agua