



# AQÜÍFERS COSTERS, INTRUSIÓ MARINA, I RETIRADA DEL PLA HIDROLÒGIC NACIONAL

En hidrologia subterrània parlem d'aqüífer quan ens referim a la formació geològica que conté aigua i que és capaç de transmetre-la amb una permeabilitat alta. Els aqüífers representen una reserva de recursos hídrics de 0,50% de la massa total d'aigua a la Terra (veure Fig. 1), d'aquí la importància de saber-la gestionar.

## VOLUMS RELATIUS D'AIGUA A LA TERRA

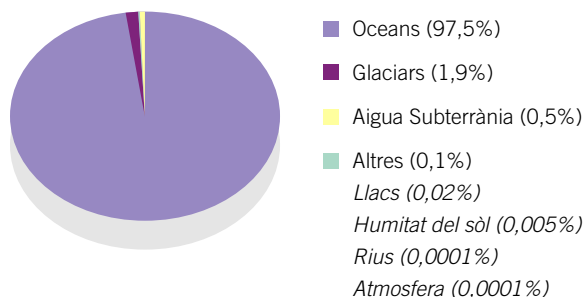


Fig.1.-Volums relatius d'aigua a la Terra, on podem veure la gran importància de l'aigua subterrània en els aqüífers.

En funció de la seva situació entre d'altres formacions de diferent transmissibilitat i permeabilitat, parlarem d'aqüífers confinats, semiconfinats i lliures. Segons es situïn serviran de recàrrega a cursos superficials d'aigua (com rius i rieres); els rius podran recarregar d'altres aqüífers o bé hi restaran despenjats amb fenòmens de goteig o tipus "dutxa" (veure figures 2a i 2b).

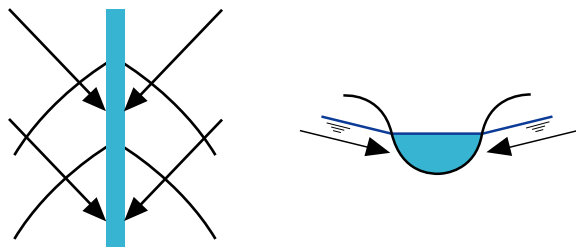


Fig. 2a: Riu recarregat per un aqüífer

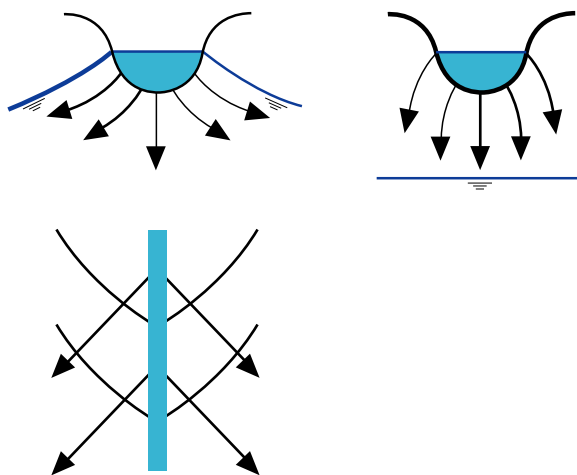


Fig.2b: Aqüífer recarregat per un riu

## PERMEABILITAT DE MEDIS POROSOS I LLEI DE DARCY

El 1850 H.Darcy va realitzar assaigs de filtratge d'aigua a través de sorra. Va arribar a la conclusió que el cabal que circulava en una secció concreta era directament proporcional a una constant típica del medi i del gradient de l'altura d'aigua o nivell piezomètric. D'aquesta relació es va definir com a flux d'aigua circulant (q):

$$q = \frac{Q}{A} = -K \cdot \text{grad}(h) = -K \cdot \left( \frac{h_2 - h_1}{L} \right) \quad (1)$$

on: **q**, és el flux en medi porós, en m/dia

**Q**, el cabal circulat, en m<sup>3</sup>/dia

**K**, el coeficient de conductivitat hidràulica, en m/dia

**Grad(h)**, el gradient d'altura d'aigua, de valor la diferència d'altures entre dos punts alineats a la direcció del flux i dividit per la distància entre aquests punts.

Si volem saber la velocitat de circulació d'aquesta aigua haurem de relacionar el flux "q" amb la porositat "P" del medi, i tindrem:

$$v = \frac{q}{P} \quad (2)$$



on: **v**, és la velocitat de circulació de l'aigua dins l'aqüífer  
**q**, és el flux en medi porós  
**P**, porositat del medi (quocient entre el volum de poros del medi i el volum del medi)

Relacionant aquests paràmetres amb medis permeables de porositat intercomunicada ens adonem que les velocitats de circulació són baixes, de l'ordre de metres/dia en medis molt permeables, i de cm/any en medis molt impermeables (aqüífers de poca transmissibilitat o "aqüítard").

Segons el cicle hidrològic, la circulació d'aquestes aigües subterrànies es produeix de forma paral·lela a les aigües d'escolament superficial i es recarreguen o s'alimenten de la infiltració provocada per les precipitacions atmosfèriques. Aquest fet provoca que siguin unes aigües químicament molt pures, susceptibles de ser contaminades per factors naturals i antròpics, i normalment no salinitzats per aigua de mar.

### AQÜÍFERS COSTERS I INTRUSIÓ MARINA

El diferent pes específic de l'aigua dolça en relació amb l'aigua salada fa que l'arribada del flux d'aigües subterrànies al mar provoqui una interfase de separació d'unes aigües amb les altres, de la següent forma:

Aigua dolça:  $\rho_{(ad)} = 1,00 \text{ gr/cm}^3 = 10 \text{ Knew/m}^3$   
 Aigua salada:  $\rho_{(as)} \sim 1,025 \text{ gr/cm}^3 = 10,25 \text{ Knew/m}^3$

per equilibri:  $\rho_{(as)} * z = \rho_{(ad)} * (h + z)$

$$Z = \frac{\rho_{(ad)}}{\rho_{(as)} - \rho_{(ad)}} * h = \mu * h \sim 40 * h \quad (3)$$

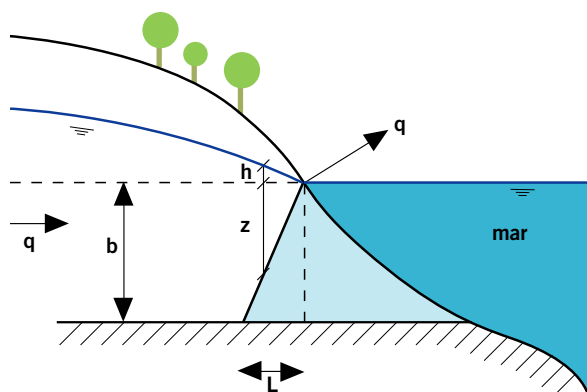
Aquesta relació de nivell d'aigua dolça relacionada amb la cota d'aigua salada en la vertical de cada punt, és vàlida en aqüífers, rius, llacunes i d'altres elements que continguin aigua dolça a prop del mar. Segons la presència o no d'aquests nivells superficials d'aigua dolça tindrem un avanç o retrocés de la "llengua" d'aigua salada en fondària anomenada "intrusió marina".

La intrusió marina dependrà també del flux d'aigua que circuli per l'aqüífer. Es demostra a partir de la llei de Darcy que la penetració de la llengua d'aigua marina dins l'aqüífer coster és inversament proporcional al cabal circulat per l'aqüífer de la següent forma (veure Fig.3).

$$L = \frac{K^2 * b}{2 * q * \mu}, \quad \begin{array}{l} \text{vàlid per a aqüífers confinats i aproximat per a} \\ \text{aqüífers lliures,} \end{array} \quad (4)$$

on: **K**, és el coeficient de conductivitat hidràulica en m/dia  
**b**, és l'altura d'aigua de l'aqüífer en m  
**q**, és el cabal de sortida al mar en m<sup>3</sup>/dia\*m  
**μ**, és la relació de pesos específics de les dues aigües segons (3) de valor aproximat a 40





**Fig.3.** “Llengua” d'intrusió marina dins l'aquífer en la zona de contacte amb l'aigua de mar. Segons la formulació (4) es pot observar que com menor sigui el flux d'aigua d'arribada al mar “q”, major serà la longitud de contaminació d'aigua salada dins l'aquífer.

Garantir un flux mínim amb una gestió adequada de bombejos serà suficient per mantenir la intrusió marina en els seus nivells normals. Al contrari, si el flux d'aigua no és suficient o bé hi ha una gestió de pous amb un excés de bombejos, tindrem un avanç de la llengua d'intrusió aigües amunt de l'aquífer. Per corregir aquesta situació són necessaris molts anys amb mitjans tecnològics complexos i d'alt preu.

### LA RETIRADA DEL PLA HIDROLÒGIC NACIONAL I EL DELTA DE L'EBRE

L'anterior projecte de llei del PHN representava una inversió de 3.019.723 milions de pesetes en els pròxims 8 anys. Aquesta important inversió tenia una important incidència en les comunitats receptores del transvasament de l'Ebre, com són Andalusia, Múrcia i València. El PHN preveia un transvasament de 1.050 hm<sup>3</sup> anuals, amb la previsió que les conques receptores rebessin 1.000 hm<sup>3</sup> cada any, i amb unes pèrdues de 50.000 milions de litres cada any. El PHN preveu 118 embassaments; el transvasament Ebre-Almeria preveu 7 nous embassaments en el seu camí per a un volum superior a 400m<sup>3</sup>.

Entre moltes de les raons per les quals s'ha demanat que el PHN es retirés destaquen les següents:

- No es plantejava cap reserva d'aigua a la conca de l'Ebre.
- Negava qualsevol transvasament que no fos l'Ebre. Els del Duero i Tajo afectarien el curs baix dels rius i no es farien perquè són a Portugal.
- Hi havia absència d'estudis per fixar els cabals mínims.

Respecte a aquest darrer punt s'ha arribat a la conclusió que el cabal de 45 m<sup>3</sup>/s subministrat pels canals de la dreta i esquerra de l'Ebre és necessari per al manteniment de l'agricultura de l'arròs, per impedir la salinització del Delta, la contaminació de pous, i per a la renovació de les aigües de llacunes i badies, com a conseqüència d'una intrusió de l'aigua de mar aigües amunt del riu Ebre. Podem afirmar que el fet que el riu Ebre no es vegi afectat pel transvasament dels seus cabals és un motiu de satisfacció per a la conservació del Delta i el seu ecosistema.

Des d'un punt de vista tècnic i polític, orientat a una bona política hidrològica, els cursos naturals d'aigua, com el riu Ebre i el seu Delta, s'han de respectar amb una millor gestió dels seus recursos per garantir unes reserves superiors a unes mínimes necessàries. Neix una nova filosofia de gestió de l'aigua que inclou des d'un principi la reutilització al màxim de les aigües residuals, la recuperació immediata de totes les aigües perdudes a les xarxes domèstiques i agrícoles, la redistribució industrial d'acord amb les possibilitats hidrològiques de cada indret, l'aprofitament com a recurs renovable de les aigües subterrànies, la potenciació de l'estalvi domèstic i el foment de les plantes dessaladores per osmosi inversa.

EDUARD BONMATÍ I LLADÓ  
Arquitecte Tècnic  
Professor UdG