

M. TERESA CLOTET i MASANA  
LLUÍS PALLÍ i BUXÓ

**NOVA APORTACIÓ AL  
CONEIXEMENT DE LES FONTS  
PICANTS DE LA VALL D'ARO  
MITJANÇANT RADIOCARBONI**

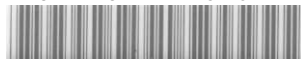


PUBLICACIONS DE L'INSTITUT D'ESTUDIS  
DEL BAIX EMPORDÀ

EXTRET DEL VOLUM NÚM. 17

**MCMXCVIII**

UNIVERSITAT DE GIRONA



# **NOVA APORTACIO AL CONEIXEMENT DE LES FONTS PICANTS DE LA VALL D'ARO MITJANÇANT RADIOCARBONI**

M. TERESA CLOTET i MASANA - LLUÍS PALLÍ i BUXÓ

Area de Geodinàmica. UdG  
Departament de Ciències Ambientals  
Universitat de Girona

## **INTRODUCCIÓ**

L'objectiu principal d'aquest estudi és aprofundir en el coneixement de la dinàmica hídrica del sistema de fonts picants de la Vall d'Aro. Partim d'un estudi anterior (Clotet, 1990) en el qual es proposà un model de funcionament d'aquesta dinàmica on les surgències picants drenen el massís granític de les Gavarres. El granit saturat en aigua és travessat per un flux ascendent d'anhídrid carbònic el qual, en dissoldre's en les aigües del massís, els confereix la seva picantor. A partir de l'anàlisi de contingut en carboni <sup>14</sup> o radiocarboni d'una mostra considerada representativa de la massa hídrica que circula pel massís, intentarem constatar la presència de carboni d'origen intern en les esmentades aigües picants.

## **1. HIDROGEOLOGIA DE LA ZONA D'ESTUDI**

Estudis precedents de les fonts picants de la Vall d'Aro han relacionat les fonts amb fenòmens de tipus volcànic remanent i han considerat que les aigües picants es carreguen d'anhídrid carbònic en circularen profunditat (Faura i Sans, 1909; Darder Pericàs, 1941; Solé Sabarís, 1966; Font i Pagès, 1983).

En l'estudi a què fem referència en la introducció d'aquest article, s'estudià l'hidroquimisme de 10 punts d'aigua: 4 punts d'aigua dolça (les

fonts de Salenys i de Bell-lloc, i les mines del mas Bou i mas Reixac), 5 punts d'aigua picant (les fonts de Salenys, Bell-lloc, el Plat i Panedes i el pou del mas Reixac) i un punt (el pou de l'estació) que mostra alternativament característiques d'aigua dolça o d'aigua picant, directament relacionades amb el règim pluviomètric de la zona.

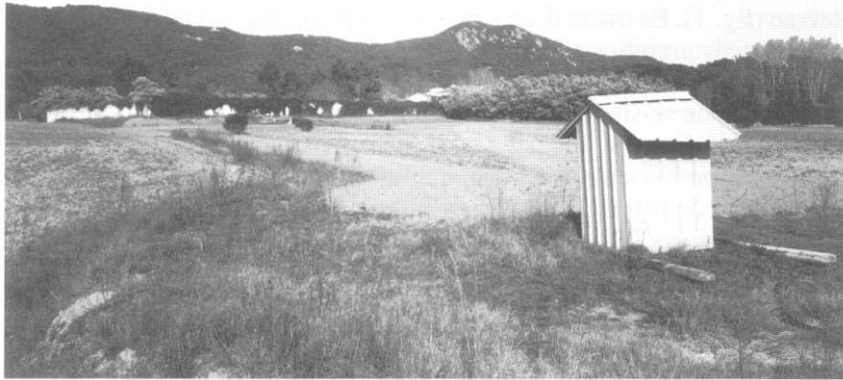
A partir de les dades obtingudes, es conclou que en el sistema hídic de les fonts picants de la Vall d'Aro se superposen dos tipus de flux: el de les aigües que circulen molt lentament pel massís, a causa de la seva baixa permeabilitat (fet que s'ha pogut constatar a partir del baix contingut en triti de les aigües picants); i el de l'anhídrid carbònic, de circulació ascendent a través de fissures del medi granític. Aquest gas es dissol en l'aigua que satura els materials granítics, cosa que dóna lloc a la formació de l'ió bicarbonat que atorga la picantor característica d'aquestes aigües. D'altra banda, i fent referència al mateix estudi, les temperatures de les aigües del sistema de fonts de la Vall d'Aro, les quals són habitualment inferiors a la mitjana atmosfèrica, permeten descartar la característica termal. Conseqüentment, la dissolució de l'anhídrid carbònic es produeix a la temperatura ambient del massís granític, admetent que la procedència del gas està en relació amb una manifestació volcànica llunyana i hídicament marginal al sistema.

## 2. APLICACIÓ DEL CARBONI 14 A L'ESTUDI DE LES AIGÜES PICANTS DE LA VALL D'ARO

### 2.1. PRESENCIA DEL CARBONI 14 EN EL CICLE HIDROLÒGIC

El carboni, element constituent de l'ió bicarbonat, es presenta en forma de dos isòtops estables ( $^{12}\text{C}$  i  $^{13}\text{C}$ ) i un isòtop radioactiu: el carboni 14 ( $^{14}\text{C}$ ). L'origen de l'isòtop radioactiu del carboni es troba a les capes altes de l'atmosfera, on la radiació còsmica, en incidir sobre un àtom de nitrogen ( $^{13}\text{N}$ ), dóna lloc a la formació d'un àtom de  $^{14}\text{C}$  i a l'alliberament d'un protó. Com que la formació de carboni 14 és contínua, podem considerar que la proporció dels isòtops de carboni a l'atmosfera i a l'anhídrid carbònic que la constitueix és constant al llarg del temps. Actualment es considera que l'activitat en  $^{14}\text{C}$  de l'atmosfera és del 116% pcm (percentatge de carboni modern) (Mas et al., 1991).

D'aquesta manera, el  $\text{CO}_2$  atmosfèric i el produït en el sòl per la respiració de les arrels vegetals, en dissoldre's en l'aigua de pluja té la composició isotòpica atmosfèrica. Posteriorment a la infiltració a l'aqüífer, en deixar d'estar en contacte amb l'atmosfera, la presència de carboni radioactiu comença a disminuir per desintegració isotòpica mitjançant radiació  $\beta^-$ . El ritme d'aquesta desintegració és constant i conegut, expressat per la vida mitjana de l'isòtop. Per tant, la proporció de  $^{14}\text{C}$  en els bicarbonats d'una aigua ens pot donar una idea del temps que fa que es va infiltrar.



Pou de mas Reixac. En segon terme, la masia i, al fons. Roca Rubia o Roca Rovira.

## 2.2. EL CAS DE LES FONTS PICANTS DE LA VALL D'ARO

En el cas que ens ocupa, la hipòtesi que considera l'origen del  $\text{CO}_2$  de les aigües picants com un fenomen de vulcanisme remanent comportaria que l'activitat en  $^{14}\text{C}$  de les aigües picants de la Vall d'Aro fos nul·la, atès que es tractaria d'un  $\text{CO}_2$  que no ha estat mai en contacte amb la radiació còsmica.

D'altra banda, també podríem considerar que l'aportació de  $\text{CO}_2$  en les aigües subterrànies fos d'origen atmosfèric. Aquest anhídrid carbònic dissolt en l'aigua de pluja, en infiltrar-se, recarregarà l'aqüífer, que presentarà una activitat radiocarbònica similar a la de l'atmosfera.

No obstant això, basant-nos en el model hidrodinàmic proposat, plantejarem una tercera hipòtesi que preveu que una part de la massa de  $\text{CO}_2$  dissolta en les aigües és d'origen volcànic (és a dir, exempta de  $^{14}\text{C}$ ), i una altra és de  $\text{CO}_2$  atmosfèric (i per tant radioactiva).

Amb aquest objectiu, es va fer una anàlisi de carboni

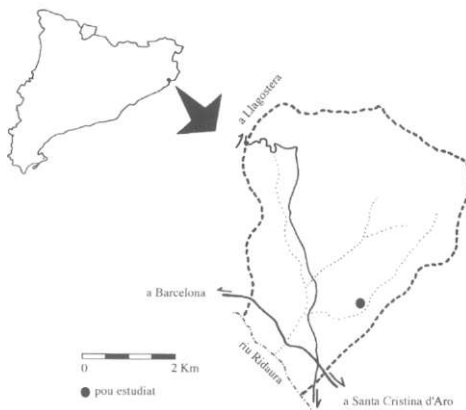


Fig. 1. Esquema de la conca hidrogràfica de la riera de Bell-lloc on se situa el pou mostrejat.

14 en una mostra representativa de la massa d'aigua de l'aquífer que alimenta les fonts picants. Es considerà que el punt més representatiu de la dinàmica del sistema de fonts picants de la Vall d'Aro era el pou del mas Reixac (fig. 1). Es tracta d'un sondeig de 150 m de profunditat que drena els materials granítics aflorants en la zona i travessa uns 20 m de materials quaternaris que els recobreixen. El dia del mostreig, el nivell piezomètric del pou se situava a 15 m de profunditat.

L'elecció d'aquest pou per a la realització de l'anàlisi de  $^{14}\text{C}$  es basà en la picantor permanent de l'aigua, a diferència d'altres punts. Tanmateix, la presència de triti ( $^3\text{H}$ , isòtop de l'hidrogen) en les aigües recollides en aquest punt és molt variable, cosa que evidencia una participació ocasional d'aigües d'infiltració recent en el conjunt de l'aigua mostrejada. En particular, el contingut en triti de la mostra recollida per a l'anàlisi de  $^{14}\text{C}$  és nul, fet que evidencia la nul·la participació d'aigües d'infiltració recent en la mostra estudiada. Pel que fa al contingut en sòlids dissolts de la mostra (3400 mg/l), aquest és el més alt obtingut durant el període de mostreig (de desembre del 1987 a gener del 1989), fet que corrobora la baixa participació de les aigües meteòriques en la mostra recollida.

### 2.3. RESULTATS OBTINGUTS EN L'ANÀLISI DE CARBONI 14



Interior de la captació del pou de mas Reixac.

L'anàlisi de  $^{14}\text{C}$  es va fer al Servei de Datació de Triti i Carboni 14 de la Universitat Autònoma de Barcelona, sobre els bicarbonats de la mostra recollida precipitats en forma de carbonat de bari (IAEA, 1984). Aquest carbonat fou sotmès a un atac àcid i es va obtenir novament  $\text{CO}_2$ , a partir del qual es va sintetitzar benzè. La mesura de l'activitat radiocarbònica del benzè obtingut es va realitzar pel mètode d'escintil·lació líquida en un comptador de baix fons. A partir de l'espectre resultant (fig.2) es determinà una activitat de carboni modern en la mostra de  $24,29 \pm 1,03\%$ .

Aquesta activitat de carboni modern prové del  $\text{CO}_2$  atmosfèric dissolt en l'aigua de pluja i incorporat a l'aquífer a

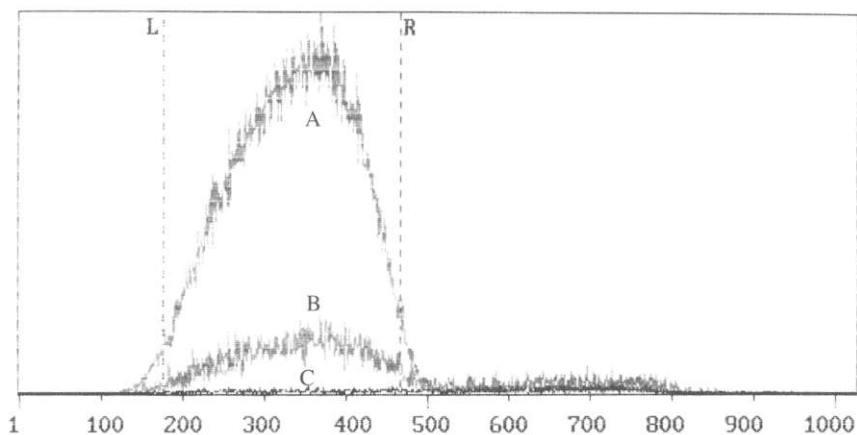


Fig. 2. Espectre d'emissió 6 obtingut de l'anàlisi de la mostra. L i R marquen els límits de la finestra de comptatge. A, B i C són, respectivament, l'espectre d'un àcid oxàlic actual, l'espectre de la mostra i l'espectre del fons del comptador.

través de la infiltració. Sabent que el carboni d'origen atmosfèric presenta una activitat de  $^{14}\text{C}$  del 116% pcm, i tenint en compte que el carboni procedent del  $\text{CO}_2$  d'origen volcànic tindrà una activitat de  $^{14}\text{C}$  nul·la, podem acotar la proporció de cadascun dels dos orígens que participa en les aigües estudiades, a partir del balanç de masses següent:

$$a^{14}\text{C}_m \cdot xM_m^c = a^{14}\text{C}_{atm} \cdot xM_{atm}^c + a^{14}\text{C}_{vulc} \cdot xM_{vulc}^c$$

on:

$a^{14}\text{C}_m$  activitat de  $^{14}\text{C}$  de la mostra (24,29%)

$M_m^c$  massa de C de la mostra (100%)

$a^{14}\text{C}_{atm}$  activitat de  $^{14}\text{C}$  d'origen atmosfèric i biogènic (116%)

$M_{atm}^c$  massa de C d'origen atmosfèric

$a^{14}\text{C}_{vulc}$  activitat de  $^{14}\text{C}$  d'origen volcànic (0%)

$M_{vulc}^c$  massa de C d'origen volcànic (100% -  $M_{atm}^c$ )

Substituint aquests valors en l'equació del balanç de massa tenim:

$$24,29 \times 100 = 116xM_{atm}^c + 0xM_{vulc}^c$$

D'on:

$$M_{atm}^c = 20,93\%$$

Aquest valor indica que aproximadament el 79% del carboni present en la mostra d'aigua correspon a carboni procedent d'una activitat volcànica.

### 3. CONCLUSIONS

L'anàlisi de l'activitat de  $^{14}\text{C}$  de la mostra del mas Reixac permet determinar la participació de  $\text{CO}_2$  d'origen profund en el  $\text{CO}_2$  dissolt en les aigües picants de la Vall d'Aro. A partir de l'anàlisi esmentada, hem quantificat aquesta aportació en aproximadament un 79% del C constituent del  $\text{CO}_2$  de l'aigua. El 21% de carboni restant provindria, per tant, de l'aportació de  $\text{CO}_2$  d'origen atmosfèric. El procés d'infiltració d'aquestes aigües meteòriques, segons ens consta per l'absència de triti de la mostra, es va produir fa més de 30 anys. Ateses les dimensions d'aquest sistema hidrogeològic, el temps de residència de les aigües és insignificant respecte de la vida mitjana del  $^{14}\text{C}$ , que és de 5.730 anys. Conseqüentment, el balanç de masses proposat no queda afectat pel temps transcorregut des del moment d'infiltració.

D'altra banda, cal considerar què passa quan l'aigua picant es barreja amb aigües d'infiltració recent. Com hem dit anteriorment, a vegades les aigües picants (i entre aquestes les del pou analitzat) manifesten un cert contingut en triti, fet que demostra la barreja de les aigües antigues de circulació profunda per l'aquífer amb aigües meteòriques més superficials. En aquest cas, el C del  $\text{CO}_2$  atmosfèric dissolt en l'aigua d'infiltració recent tindrà activitat  $^{14}\text{C}$  actual (116% pcm). Considerem, però, que el resultat de la barreja d'aquestes aigües amb baix contingut en  $\text{CO}_2$  amb les aigües antigues amb un contingut molt superior de  $\text{CO}_2$  procedent del flux ascendent de gas d'origen volcànic remanent i amb una activitat nul·la de  $^{14}\text{C}$ , donarà com a resultat una aigua amb una activitat en  $^{14}\text{C}$  molt semblant a la de la mostra estudiada o, en tot cas, superior.

### 4. BIBLIOGRAFIA

- CLOTET, M.T. (1990): Les fonts picants de la Vall d'Aro. Estudis sobre el Baix Empordà, 9, pàg. 5-29.
- DARDE PERICAS, B. (1941): Informe sobre investigaciones de aguas subterráneas de la inmortal ciudad de Gerona. Girona.
- FAURA I SANS, M. (1909): Origen geológico de los manantiales de la Font de la Pólvara (Gerona). Bol. R. Soc. Esp. de Historia Natural. IX. pàg. 376-491.
- FONT I PAGÈS, A. (1983): Estudio de los manantiales ferruginosos de Les Gavarres. Analectas farmacéutico gerundenses. Colegio Oficial de Farmacéuticos de la Provincia de Gerona, IX,X,XI.
- International Atomic Energy Agency (IAEA) (1984): Muestreo de aguas para análisis de carbono-14, Isotope Hydrology Section. Lab. reprint.
- MAS, J.; TRILLA, J.; VALLS, LI. i PALLÍ, LI. (1991): Cronologia dels travertins de Llorà (Girona), Scientia Gerundensis. 17. pàg. 109-123.
- SOLE SABARIS, LI. (1966): Características hidrogeológicas de los manantiales carbónicos de Gerona llamados "Fonts Picants". Anales del Instituto de Estudios Gerundenses. Edició especial.

