

La evolución climática a largo plazo y la evaluación de la seguridad.

Resultados de los proyectos ligados al 2º y 3º I+D de ENRESA

Trinidad Torres (UPM-ETSIMM)

Introducción.

Dado que otros autores se van a referir a los conceptos básicos que corresponden a la conveniencia del conocimiento detallado de la evolución climática, paleoambiental en general, en la evaluación de la seguridad de los repositorios de residuos radiactivos, aquí nos vamos a referir exclusivamente a los conocimientos de evolución paleoambiental, adquiridos tras la realización de los proyectos siguientes:

- Reconstrucción paleoclimática desde el Pleistoceno medio a partir de análisis geocronológicos e isotópicos de travertinos: 1992-1994.
- Estudio paleoambiental de la mitad sur de la Península Ibérica. 1996-1999.
- Paleoclima: 1998-2001.
- Paleoclimatological Revision of Climate Evolution in Western Mediterranean Region. Evaluation of Altered Scenarios (CE-FI2W-CT91-0075). enero 1991/diciembre 1994.
- Evidency from Quaternary Infills Palaeohydrogeology (F14W-CT96-00 Nb 960296). marzo 1997/marzo 2000.

Si se tuviera que realizar una crítica del diseño de estos proyectos, habría quizás que referirse a la heterogeneidad de los dos primeros, que aunque con unos objetivos netamente definidos sus áreas de aplicación, referidas como los materiales sobre los que basar los estudios, resultaron ser inadecuados. No obstante tuvieron fructíferos resultados en lo que a formación de equipos de investigación y desarrollo de técnicas punteras de trabajo se refiere.

Si de una manera genérica se tuviera que definir el alcance de los intereses de ENRESA, en lo que se refiere a la posible interacción evolución paleoclimática/paleoambiental y evaluación de la seguridad de repositorios de residuos radiactivos sería **"la obtención de datos de la evolución paleoambiental de la Península Ibérica durante el último millón de años, con especial énfasis en los últimos cien mil años"** .

Esta demanda requería, en principio, un único requisito: encontrar un registro geológico continuo que cubriera dicho espacio temporal. Por supuesto, al hablar de un registro continuo de esta importancia, se refiere a continuidad geológica, asumiendo que las condiciones paleoambientales de algunos intervalos de tiempo no quedaron registradas. Ello invalidaba definitivamente el estudio de secuencias de terrazas, detríticas o travertínicas.

Una vez localizado un registro geológico de éstas características, continuidad, también se precisaba que en la secuencia seleccionada se dieran necesariamente las siguientes características:

- El registro continuo debe contener algún tipo de material capaz de haber registrado fielmente los cambios paleoambientales.
- No deber haber sufrido fenómenos diagenéticos que alteraran el mensaje paleoambiental registrado.
- El registro debe ser datable

Áreas de trabajo.

De acuerdo con los datos conocidos hasta ahora, estas condiciones se localizaban en la Cuenca de Guadix-Baza (Sector Cúllar Baza) y en la turbera de Padul, ambas en Granada.

La Cuenca de Guadix-Baza (Sector Cúllar Baza)

Se trata de una cuenca aluvial palustre en la que se ha localizado una sección de algo más de 300m de potencia, tras estudiar casi 4000 m de serie, que cubre un intervalo de tiempo comprendido entre 1,68 millones de años y 300.000 años. Desgraciadamente la erosión o no depósito ha hecho que falta el registro mas reciente.

- El registro es sumamente rico en ostrácodos, cuyo caparazón calcítico registra con total exactitud el sello isotópico del agua de lluvia (d 18O) que permite conocer la variación de la paleotemperatura; también tiene otros elementos (d 13 C, Sr, Mg, Ca) que proporcionan información paleoambiental (productividad, paleohidrología, paleohidrogeología). También aparecen grandes cristales de yeso sinsedimentario que permiten conocer la paleosalinidad de las aguas del lago.
- Se ha trabajado en una zona marginal del lago en la que no se detecta diagénesis, en zonas centrales la diagénesis, yesificación, ha destruido los caparazones calcíticos.
- La abundancia de restos de organismos ha permitido el uso intensivo del método de datación por análisis de racemización de aminoácidos, puesto a punto para este grupo de proyectos. Los materiales detríticos finos (arenas muy finas y lutitas) tienen suficiente remanencia magnética para el análisis de paleomagnetismo, que ha permitido la determinación de varios cronos paleomagnéticos.

La turbera de Padul

La turbera de Padul es un registro único en Europa: un espesor de más de 100 m de turba contiene el registro comprendido entre 4000 BP y 1 millón de años, esta última cifra es una estimación basada en la velocidad de acumulación de turba conocida en la zona.

- El registro continuo de turba está repleto de pólenes que proporcionan una información paleoclimática regional (entorno que incluye Sierra Nevada, la costa y la depresión de Granada). La materia orgánica (turba)

proveniente de plantas que vivían en el pantano de Padul, proporcionará una importante información paleoclimática (δ) del entorno de la turbera, mientras que los biomarcadores presentes en la turba (alcanos, cetonas, aldeídos, S orgánico, vitamina E etc.) van a proporcionar datos paleohidrogeológicos del área. El posible desfase del registro polínico y los isotópicos y biomarcadores permitirá estimar el retardo en la respuesta local frente al cambio climático global. El método de análisis de biomarcadores se puso a punto para la realización de éstos proyectos.

- Como el desmuestre de las turbera se ha realizado a partir de una zanja (8.5m) y de un sondeo (103 m) se ha comprobado la ausencia de diagénesis (oxidación), explicable por la alimentación subterránea de la turbera que se refleja en sondeos surgentes.
- Hay abundante material para dataciones: gasterópodos y ostrácodos para datación por racemización de aminoácidos, turba (^{14}C , U/Th y en un futuro U/Pb). No obstante la parte del sondeo de edad superior a 300.000 años no ha podido ser datada.

Resultados

Cuenca de Cúllar-Baza.

- A partir de las dataciones realizadas, el análisis paleobiológico de las muestras (% de *Cyprideis torosa* Jones), el análisis isotópico de elementos traza e isótopos estables de O y C, en el intervalo comprendido entre 1.68 Ma y 300 ka BP, se detectan cuatro Grandes Períodos Cálidos y Áridos y cuatro Grandes Períodos Fríos y Húmedos, con una duración aproximada de 350 ka cada uno.
- Se ha determinado una elevada correlación significativa entre la paleosalinidad de las inclusiones fluidas del yeso intrasedimentario y la δ 18O del carbonato cálcico del caparazón de ostrácodos asociados, de forma que se ha podido calcular la paleosalinidad lacustre existente a lo largo de toda la serie y, por lo tanto, la de las aguas que por infiltración podrían alcanzar un presunto repositorio.
- Se ha definido un escenario denominado "mosaico lacustre" que, presumiblemente, podría presentar correlatos en la evolución futura de cuencas alpinas como son las del Ebro, Duero y Tajo.
- Se ha encontrado un reflejo, en partes de la serie, de los ciclos de Milankovitch.

Turbera de Padul.

- Se ha obtenido la curva isotópica de la δ 13 C de la materia orgánica (Padul) que refleja los eventos paleoclimáticos a nivel de la turbera de Padul.
- A falta de datos palinológicos propios, se están realizando los análisis, se han recuperado y tratado estadísticamente datos ya publicados que para los primeros 100 ka del registro revelan que existe un decalaje entre el registro isotópico (local) y el polínico (lluvia de polen, regional). Ello va a permitir cuantificar retrasos de respuesta de sistemas locales frente a cambios globales.
- El tratamiento estadístico de los datos polínicos también permite establecer que no se dan cambios polínicos (paleoclimáticos) bruscos: generalmente hay estados transicionales. Al menos en los 100 ka analizados.

- El análisis de la evolución de los biomarcadores ha permitido establecer una secuenciación de momentos de alto flujo y bajo flujo hidrogeológico en la turbera de Padul, que teniendo en cuenta se trata de aportes a través de dolomías (del Complejo Nevado-Filábride)karstificadas que alcanzan las zonas mas elevadas de Sierra Nevada, donde la cota de suelos permanentemente helados ha variado de acuerdo con los cambios climáticos globales, proporcionando un aporte hidrogeológico mayor (períodos cálidos) o menor (períodos fríos) en los que los conductos cercanos a la superficie (lapiaces) estaban ocluidos por el hielo.