

VI CICLO DE CONFERENCIAS Y SEMINARIOS
INVESTIGACIÓN EN
GEOLOGÍA DOCTORADO EN GEOLOGÍA
CURSO 2013/2014

Departamento de Ciencias de la Tierra
Facultad de Ciencias
Universidad de Zaragoza



Departamento de
Ciencias de la Tierra
Universidad Zaragoza



Facultad de Ciencias
Universidad Zaragoza



Escuela de Doctorado
Universidad Zaragoza



Universidad
Zaragoza



Cabalgamiento de Daroca. Foto seminario de Marta Ansón.

Índice

Presentación. Gloria Cuenca	6
RESÚMENES DE LAS PONENCIAS: CICLO DE SEMINARIOS 2013/2014	
Aguilar-Arellano, Felisa J. <i>Odocoileus hall un análisis de su validez taxonómica y su distribución potencias durante el Pleistoceno de México</i>	11
Alonso Germán, Antonio. <i>Manirraptores de la Fm. Blesa</i>	13
Ansón Sánchez, Marta. <i>Interpretación reológica y cinemática de la brecha del cabalgamiento de Daroca</i>	15
Arreguín Rodríguez, Gabriela. <i>Expresiones de disolución de CaCO₃ en foraminíferos bentónicos aglutinados del Paleoceno-Eoceno</i>	17
Barreiro Lostres, Fernando. <i>Clima paleohidrología y cambios en usos del suelo en la Cordillera Ibérica durante los últimos 1600 años. El registro sedimentario de la Parra</i>	19
Bartolomé Úcar, Miguel. <i>Reconstrucción paleoclimática de los últimos 3200 años inferida a partir de la composición isotópica de estalagmitas en el Pirineo Central (NE, España)</i>	21
Calvín, Pablo. <i>La gravimetría como solución a un problema estructural: la Sierra de Santo Domingo</i>	23
Carbonel Portero, Domingo. <i>Caracterización de dolinas por medio de la técnica de trenbing y estudios geofísicos (GPR, ERT)</i>	25
Colás Ginés Vanessa. <i>Modelización de la alteración de cromita durante el metamorfismo</i>	27
Díaz Berenguer, Ester. <i>Primera aproximación paleobiológica de los sirenios (Mammalia) del Eoceno medio (Luteciense) de Castejón de Sobrarbe, Huesca, España</i>	29
Frugone Álvarez, Matías. <i>Reconstrucción sedimentaria y paleoclimática de los últimos 500 años de la Laguna del Maule, Chile Central (36°S, 70°30'W)</i>	31
Galán García, Julia, <i>El estudio de los quiropteros en el cuaternario de España</i>	33
García Gil, Alejandro, <i>Evaluación del impacto térmico de las crecidas del río Ebro en sistemas geotérmicos de baja entalpía en el acuífero aluvial urbano de Zaragoza</i>	35
García Lacosta, Ana Isabel, <i>Estudio Morfotectónico de la falla de la sierra Palomera</i>	37
García Lasanta, Cristina. <i>Caracterización de la etapa extensional en la cuenca Triásica invertida de la Rama Castellana (C. Ibérica) a partir del análisis de la fábrica magnética</i>	39
García Prieto Ponce Eduardo. <i>Reconstrucción del paisaje vegetal de Teruel: Calibración de la relación polen-vegetación para mejorar la interpretación del registro paleoclimático</i>	41
Gil Garbí, Héctor. <i>Interacción entre el karst y la sedimentación cuaternaria en el sector central de la Cuenca del Ebro</i>	43
González Gómez, Álvaro, <i>Caracterización sísmica del meteoro de Cheliábinsk</i>	45
Izquierdo-Llaval, Esther. <i>Modelización analógica a escala litosférica: influencia del espesor de las placas en la geometría de las cadenas de colisión</i>	47

Legarda-Lisarri, Alba. <i>Cambios paleoambientales basadas en foraminíferos planctónicos del Tethys durante el tránsito Eoceno-Oligoceno</i>	49
Lope Ezquerro, <i>Caracterización y datación del final del relleno endorreico en la Cuenca de Teruel</i>	51
Merchán Elena, Daniel, <i>Hidrogeoquímica en una cuenca de regadío. Aproximación mediante métodos multivariados</i>	53
Mesquita L Veloso Fernanda de. <i>Modelización 3D del afloramiento de Aliaga de la geología a la petrofísica</i>	55
Moreno Domínguez, Rafael. <i>Primeros datos sobre la macroflora terciaria del yacimiento de la Val, (Estadilla, Huesca)</i>	57
Navarrete, Rocío. <i>Drones: nueva herramienta para el estudio de cuerpos sedimentarios</i>	59
Palazón Tabuenca, Leticia. <i>Modelización de la dinámica espacio-temporal de la redistribución del suelo en una cuenca pirenaica</i>	61
Pérez Mejías, Carlos. <i>Registros espeleotémicos en el Sistema Ibérico</i>	63
Puértolas Pascual, Eduardo. <i>El cocodrilomorfo <i>Anteophthalmosuchus</i> (Albiense inferior) de Teruel: Biomecánica y depredación</i>	65
Quijano Gaudés, Laura. <i>Erosión del suelo y dinámica del carbono en agro-ecosistemas mediterráneos: Modelización radioisotópica a diferentes escalas espacio-temporales</i>	67
Sánchez Pellicer, Raquel. <i>Análisis de las preferencias ambientales de asociaciones de quistes de dinoflagelados en ambientes costeros y marinos (cuenca lusitánica, Portugal, y sondeo DSDP 398D) durante el Albiense</i>	69
Santolaria Otín, Pablo. <i>Modelización analógica en contexto de tectónica de piel fina</i>	71
Silva, Roi. <i>El límite Luteciense –Bartoniense en el extremo occidental de las Sierras Exteriores (Sierra de Santo Domingo): El tránsito Fm Guara – Fm Arguís</i>	73
Torres López, Sara.. <i>Reconstrucción de estructuras asociadas a intrusiones de gabros a partir de datos paleomagnéticos. Remagnetización en el Alto Atlas Marroquí</i>	75
Conferencias y ponencias realizadas durante el curso 2013/2014	79

©Los autores

ISBN:

Depósito legal:

Fotografía de la portada: Huellas de Dinosaurios en el yacimiento de las Cerradicas, Galve, Teruel. Fotografía: Castanera, D.

Editado por el Departamento de Ciencias de la Tierra

Universidad de Zaragoza

Edificio de Geológicas

C/ Pedro Cerbuna, 12

50009 Zaragoza, España

NUEVO PROGRAMA DE DOCTORADO EN GEOLOGÍA, NUEVOS DOCTORES EN GEOLOGÍA PARA EL FUTURO

Gloria Cuenca Bescós

Coordinadora del Doctorado en Geología

cuencag@unizar.es

Este año la actividad de los doctorandos del Departamento de Ciencias de la Tierra ha sido espectacular como se puede ver en las páginas de este libro. El trabajo de las actividades de Doctorado en Geología del curso 2013-2014 culmina con esta recopilación de las ponencias presentadas por nuestros alumnos de doctorado a lo largo de este curso. El libro es el cuarto de la serie “Seminarios en Geología” que viene preparando la comisión de doctorado de Geología de la Universidad de Zaragoza desde el curso 2009-2010.

El programa de doctorado en Geología de la Universidad de Zaragoza disfrutó de la Mención de Calidad del Ministerio de Educación y Ciencia (MCD2006-00299) desde la primera edición y de manera continuada los años: 2006, 2007, 2008, 2009, 2010, 2011.

Recientemente, este programa ha sido distinguido con la Mención hacia la Excelencia por el Ministerio de Educación, válida para los cursos 2011-12, 2012-13 y 2013-14

Nuestro programa cuenta con un convenio, de colaboración con la Universidad de Burgos para la cooperación interuniversitaria en los campos de la enseñanza y la investigación europea académica. Consiste en la participación de profesorado de ambas universidades en la investigación y en la formación de Doctores en Geología.

También cuenta con un convenio de colaboración con el IGME, que viene participando activamente en las actividades de doctorado dirigidos por Jesus Causapé y Javier Lambán.

También existe un acuerdo con el Instituto Pirenaico de Ecología (IPE-CSIC) de firmar un convenio entre ambos centros al compartir profesores y doctorandos en el programa de Doctorado de Geología. Numerosos trabajos y colaboraciones del IPE, dirigido en la actualidad por Blas Valero, aportan una gran calidad a las actividades de doctorado de Geología.

También existe un convenio con otra institución del Consejo Superior de Investigaciones Científicas, con la Estación Experimental de Aula Dei (EEAD), un grupo de investigación muy activo, dirigido por Ana Navas.

La Geología es una ciencia básica con una larga tradición investigadora. Desde el primer momento de la creación de los estudios en Geología en la Universidad de Zaragoza (curso 1973-1974) los cuales van ligados a la investigación en Geología, tanto en Aragón como en otras comunidades españolas y extranjeras.

Por tanto, tenemos una gran experiencia pues ya llevamos 35 años de preparación de doctores y doctoras con sus correspondientes exitosas presentaciones de tesis doctorales. La primera se leyó cuatro años después de la creación de la entonces Licenciatura de Geología en la Universidad de Zaragoza, en el año 1977. Desde entonces todos los años se leen de una a varias tesis de Geología en la Universidad de Zaragoza. Ningún año sin tesis ha sido lo habitual en Geología. Las tesis doctorales son dirigidas por profesores de nuestro centro en colaboración, o no, con profesores de otras universidades y centros de investigación nacionales y extranjeros. En los últimos 6 años el número de tesis ha duplicado el número de tesis leídas entre los años 1970, 1980 y comienzos de 1990. Como ejemplo, en los últimos 6 años se han leído 37 Tesis Doctorales en Geología (durante el curso 2008-2009 se leyeron 14) y se han tutelado y dirigido un total de 64 Trabajos Fin de Máster, la mayoría de los cuales continúan desarrollándose como trabajos de investigación de Doctorado en

la UZ. (para más información ver la web del Departamento de Ciencias de la Tierra, http://wzar.unizar.es/acad/fac/geolo/tesis/tesis_06.htm y Bases de Datos TESEO, y Escuela y Tutela de Doctorado UZ). Este curso se leen 11 tesis.

¿Por qué es importante que se mantenga un Programa de Doctorado en Geología?

Por la larga tradición de estudios en Geología en la Universidad de Zaragoza que desde 1973 imparte la licenciatura de Geología (se extingue el presente curso), y actualmente el Grado y el Master de Geología. Hay cerca de 50 alumnos que terminan sus estudios de Grado y alrededor de 20 sus estudios de Master, a lo que hay que añadir una afluencia de un 5% de alumnos de otras comunidades y otros países, especialmente Iberoamericanos.

Una de las principales características de la Geología es ser una Ciencia Básica, de larga tradición investigadora, con muy buenos equipos y proyectos de investigación en Aragón, que se encuentran agrupados en un solo departamento dividido a su vez en seis áreas de conocimiento, muy dinámicas y eficaces en cuanto a la generación de publicaciones con resultados de investigación de calidad (cerca de 350 del Science Citation Index en los últimos 6 años) tanto en el ámbito científico como en el económico, social y de protección civil.

Cabe resaltar que en los últimos 5 años (2006-2011) en el programa de Doctorado en Geología se han leído 30 tesis, cerca del 3% del total de las tesis leídas en la Universidad de Zaragoza. Para tener un elemento de comparación, en otros programas de doctorado de nuestra universidad, únicamente se han leído una o dos tesis en el mismo período, y un 13% de los programas de Doctorado de la UZA tiene menos de cinco tesis leídas.

Esta intensa actividad refleja el reconocido prestigio de los grupos de investigación del Departamento de Ciencias de la Tierra, tal y como atestiguan las publicaciones mencionadas y los numerosos proyectos de Investigación activos, tanto del Ministerio como de la CCAA, así como los Grupos de Investigación Consolidados reconocidos por la DGA, generan una capacidad de atracción de estudiantes de otras comunidades autónomas más alejadas como Asturias, Galicia, Baleares, Madrid, y Castilla-León, así como de otros países, especialmente de Iberoamérica: Argentina, Chile, Colombia, Venezuela, México y Europa, Italia, Francia, Reino Unido, Grecia, República Checa.

Las ponencias presentadas por nuestros estudiantes son así mismo el reflejo de la dinámica actividad investigadora que desarrolla nuestro departamento y que va creciendo cada año a medida que se incorporan los nuevos estudiantes de doctorado procedentes de otros programas y de otras instituciones.

Enlaces páginas web de interés:

<http://wzar.unizar.es/acad/fac/geolo/index.html>

<http://www.eead.csic.es/>

<http://wzar.unizar.es/acad/fac/geolo/tablon/eldoctoradogeol/dise.htm>

<http://wzar.unizar.es/servicios/docto/ofert/index.html>

DOCTORADO EN GEOLOGÍA

- Departamento responsable:

Departamento de Ciencias de la Tierra (Facultad de Ciencias, Universidad de Zaragoza)
E-mail Secretaría del Departamento: cctierra@unizar.es
<http://wzar.unizar.es/acad/fac/geolo/index.html>

- **Coordinadora del Doctorado:** Gloria Cuenca Bescós

- **Comisión de Doctorado del Dpto. Ciencias de la Tierra**

- TITULARES

Gloria Cuenca Bescós	Área de Paleontología	cuencag@unizar.es
Ignacio Subías Pérez	Área de Cristalografía y Mineralogía	isubias@unizar.es
Beatriz Bádenas Lago	Área de Estratigrafía y Sedimentología	bbadenas@unizar.es

- SUPLENTE

Teresa Román Berdiel	Área de Geodinámica Interna	mtdrjb@unizar.es
Gloria Desir Valén	Área de Geodinámica Externa	gdesir@unizar.es
Luis Auqué Sanz	Área de Petrología y Geoquímica	lauque@unizar.es

Invitados de otras instituciones:

Javier Lambán (IGME)	javier.lamban@igme.es
Blas Valero (CSIC)	blas@ipe.csic.es
Ana Navas (CSIC)	anavas@eead.csic.es

RESÚMENES DE LAS PONENCIAS DEL CICLO DE
SEMINARIOS 2013/2014
DOCTORADO EN GEOLOGÍA

ODOCOILEUS HALLI UN ANÁLISIS DE SU VALIDEZ TAXONÓMICA Y SU DISTRIBUCIÓN POTENCIAL DURANTE EL PLEISTOCENO DE MÉXICO

Felisa J. Aguilar Arellano^{1,2}

1. Área Paleontología, Departamento Ciencias de la Tierra, Facultad de Ciencias, Universidad de Zaragoza.
2. Centro INAH Coahuila, Instituto Nacional de Antropología e Historia, México. felisaaguilar@yahoo.com.mx

El género de cérvidos *Odocoileus* es originario del continente americano, su registro más antiguo data del Plioceno superior, entre 4 y 3.4 millones de años (Webb, 1998). En la actualidad está representado por dos especies *O. hemionus* y *O. virginianus*. Para el Pleistoceno de México, de acuerdo con el registro fósil, se considera la presencia de ambas especies junto con dos extintas, *O. halli* y *O. lucasi*.

La especie de *O. halli* fue descrita a partir de restos recuperados de la localidad de Tlapacoya, México, datada con C14 en 22, 000 años A. P. (Álvarez, 1969), mientras que *O. lucasi* se describió de yacimientos de Estados Unidos y tiene un rango temporal del Plio-Pleistoceno (Morejohn y Dailey, 2004). Ambas especies se consideran las formas de mayor talla para el género pero inferior a la que presenta *Cervus canadensis*, muestran en sus molares superiores un islote de esmalte en la superficie oclusal, característico de los rangiferinos.

La validez taxonómica de *O. halli* ha sido cuestionada. Algunos autores consideran a *O. halli* sinónimo de *Navaboceros fricki* (Kurtén, 1975; Blackford, 1995), mientras que Morejohn y Dailey (2004), consideran a ambas sinónimos de *O. lucasi*. Estas propuestas se han generado sin realizar las comparaciones con el material tipo que dio al establecimiento de cada taxón.

Con el objetivo de contrastar la validez taxonómica de *O. halli*, se plantea una revisión en dos fases: 1) estudiar el material tipo de esta especie así como el asignado a *O. lucasi* de México, incluyendo la comparación de ejemplares de los taxa actuales, y 2) incorporar el estudio del material tipo de *N. fricki* y *O. lucasi* de Estados Unidos.

Para la comparación entre las formas actuales y fósiles de *Odocoileus* de México, se consideraron los datos del ejemplar tipo de *O. halli*, del material asignado a *O. lucasi* de Michoacán, de cuatro subespecies de *O. virginianus* que presentan una distribución morfotectónica cercana al entorno del yacimiento de donde proviene *O. halli*, así como datos de *O. hemionus* del norte de México. Se realizó un análisis morfométrico de la dentición considerando el ancho y el largo de cada diente, tanto inferior como superior.

El análisis preliminar de componentes principales aplicado a los datos nos muestra la separación entre especies actuales, sin embargo no es posible distinguir a nivel subespecífico; *Odocoileus halli* se separa de las especies actuales, incluso de *O. lucasi*. No obstante, se requiere contrastar estos resultados con nuevos análisis e incrementando la base de datos.

Referencias bibliográficas

Álvarez, T. 1969. Restos fósiles de mamíferos de Tlapacoya, Estado de México (Pleistoceno-Reciente), pp. 93-112. In: Contributions in Mammalogy. A Volumen Honoring Professor E. Raymond Hall (J.K. Jones, Jr., ed.). University of Kansas Miscellaneous Publications, Museum of Natural History 51:1-428.

Blackford, L. C. 1995. Postcranial skeletal analysis of the Pleistocene deer, *Navahoceros fricki* (Cervidae). Master thesis. Northern Arizona University, Quaternary Studies.

Kurtén, B. 1975. A new Pleistocene genus of American mountain deer. *Journal of Mammalogy*, 56(2):507-508.

Morejohn, G. V. y C. D. Dailey. 2004. The identity and postcranial osteology of *Odocoileus lucasi* (Hay) 1927. *Sierra Coll. Nat. Hist. Mus. Bull.* 1:1-54.

Webb, S. D. 1998. Cervidae and Bovidae. Pp. 508-510, in: Evolution of Tertiary Mammals of North America. Vol. 1. Terrestrial Carnivores, Ungulates and Ungulate-like mammals (Ch. Janis, K. Scott y L. Jacobs, eds.). Cambridge University Press.

MANIRRAPTORES DE LA FM. BLESA

Antonio Alonso Germán
alonsoisert@gmail.com

Los manirraptores son uno de los grupos de dinosaurios terópodos o carnívoros. El clado Maniraptora es un clado de tetanuros derivados que agrupa algunas de las formas de terópodos más conocidas, como dromeosáuridos o las aves. Maniraptora significa “manos de ladrón” y se define como el clado más inclusivo que incluye a *Passer domesticus* (el gorrión) pero no a *Ornithomimus edmontonicus*. Es un grupo con una amplia distribución que aparece en el Jurásico superior y perdura, en el caso de sus representantes no avianos, hasta la extinción de finales del Cretácico.

En la Península Ibérica, los restos de dinosaurios terópodos corresponden principalmente a dientes aislados. El estudio de estos dientes es de gran interés ya que son el resto que fosiliza con mayor frecuencia (Torices-Hernández, 2007).

Los dientes aislados estudiados provienen del yacimiento de La Cantalera, yacimiento con mayor biodiversidad de la Península para la parte baja del Barremiense. Se sitúa al NE de la Península Ibérica, en las cercanías de la localidad de Josa, en Teruel. Geológicamente se sitúa en la Cordillera Ibérica, en la Cuenca del Maestrazgo, Subcuenca de Oliete. La parte más baja de la sedimentación cretácica comprende materiales de las facies Weald como las arcillas de la Fm. Blesa (Canudo *et al.*, 2010). En la parte inferior de la Fm. Blesa hay un predominio de la sedimentación continental, donde se encuentra el yacimiento. La litología corresponde a lutitas grises y rojas resultado de depósitos de llanura distal de abanico aluvial (Aurell *et al.*, 2004).

El área del yacimiento corresponde a una zona con un relieve jurásico sometido a inundaciones episódicas (Ruiz-Omeñaca *et al.*, 1997).

Los dientes han sido estudiados utilizando la nomenclatura y mediciones propuestas por Smith *et al.* (2005). Además de la recogida de datos cuantitativa se han realizado observaciones cualitativas con interés sistemático. Asimismo se han realizado análisis estadísticos de tipo bivariante y multivariante sobre los datos cuantitativos obtenidos con el objetivo de contrastar la solidez y validez de los morfotipos.

Se han diferenciado 9 morfotipos diferentes de dientes de maniraptor: Maniraptora indet. 1, Maniraptora indet. 2, Maniraptora indet. 3, Maniraptora indet. 4, Maniraptora indet. 5, Velociraptorinae indet. 1, Velociraptorinae indet. 2, Dromeosaurinae indet. y Avialae? indet. La abundancia de morfotipos es evidencia de la variedad de pequeños depredadores que poblaban el área y muestra el complejo ecosistema representado en el yacimiento de La Cantalera. Asimismo los morfotipos son representativos de las faunas del Cretácico Inferior de la Península.

Referencias Bibliográficas

Aurell, M., Bádenas, B., Canudo, J.I. y Ruiz Omeñaca, J.I. (2004). Evolución tectosedimentaria de la Fm. Blesa (Cretácico Inferior) en el entorno del yacimiento de vertebrados de La Cantalera (Josa, Teruel). *Geogaceta*, 35: 11-13.

Canudo, J.I., Gasca, J.M., Aurell, M., Badiola, A., Blain, H.-A., Cruzado-Caballero, P., Gómez-Fernández, D., Moreno-Azanza, M., Parrilla, J., Rabal-Garcés, R. y Ruiz-Omeñaca, J.I. (2010). La Cantalera: an exceptional window onto the vertebrate biodiversity of the Hauterivian-Barremian transition in the Iberian Peninsula. *Journal of Iberian Geology* 36 (2): 205-224.

Ruiz-Omeñaca, J.I., Canudo, J.I. y Cuenca-Bescós, G. (1997). Primera evidencia de un área de alimentación de dinosaurios herbívoros en el Cretácico Inferior de España (Teruel). *Monografías de la Academia de Ciencias Exactas, Físicas, Químicas y Naturales de Zaragoza*. 10 pp. 1-48.

Smith, J.B., Vann, D.R. y Dodson, P. (2005): Dental Morphology and Variation in Theropod Dinosaurs: Implications for the Taxonomic Identification of Isolated Teeth. *The Anatomical Record Part A* 285A:699-736.

Torices Hernández, A. (2007). Los dinosaurios terópodos del Cretácico Superior de la Cuenca Surpirenaica, *Tesis de la Universidad Complutense de Madrid*, 409 pp.

INTERPRETACIÓN REOLÓGICA Y CINEMÁTICA DE LA BRECHA DEL CABALGAMIENTO DE DAROCA

Marta Ansón Sánchez

Área Geodinámica Interna,
Departamento Ciencias de la Tierra,
Facultad de Ciencias, Universidad de Zaragoza
martaanson@msn.com

La línea de fallas de Daroca conforma localmente el borde SW de la cuenca de Calatayud (Simón, 1983), separando cartográficamente los materiales neógenos, que la rellenan, de las unidades cámbricas pertenecientes al macizo paleozoico de Ateca (Villena *et al.*, 1991). La cuenca de Calatayud se originó a comienzos del Mioceno todavía bajo un régimen de deformación transpresivo (Cortés y Casas, 2000). Su borde suroeste está determinado por cabalgamientos de bajo ángulo, entre los que cabe destacar el que aflora en el propio casco urbano de la ciudad de Daroca. El presente estudio recoge los resultados obtenidos en el Trabajo Fin de Máster realizado en el mismo sector.

Este cabalgamiento, que superpone la Fm. Dolomías de Ribota (Cámbrico Inferior) sobre el Aragoniense de la cuenca de Calatayud, presenta una geometría muy irregular en superficie, con ángulos de buzamiento bajos (10-30°) y sentidos variables, tanto hacia el NE como hacia el SW, características propias de cabalgamientos epiglépticos.

Esta estructura, generada probablemente en el Oligoceno, y activa hasta el Mioceno Inferior, muestra una dirección de transporte preferente hacia el NE, obtenida a partir del análisis de fábricas S-C y de estrías asociadas al plano de cabalgamiento principal, con una componente tanto inversa como de desgarre.

Asociado a este cabalgamiento se desarrollan rocas de falla (fault “gouges”, fault rocks), formando bandas de potencia variable, limitadas a base y a techo por los materiales terciarios y paleozoicos respectivamente.

Para la caracterización de estos materiales brechoides se han elaborado un total de 6 perfiles lito-estructurales detallados, donde se han tenido en cuenta los siguientes parámetros: 1) anchura de la banda de cizalla, 2) características litológicas, 3) tamaño de grano, 4) proporción de cantos y matriz, 5) angulosidad de los cantos, 6) proporción de cantos mayores de 2 mm y grado de deformación de los mismos, y 7) estructuras tectónicas asociadas. Estas rocas se caracterizan por presentar una matriz limo-arcillosa, con cantos muy angulosos y de tamaño muy variable (de escala milimétrica a métrica), que permiten clasificarlas como brechas y harinas de falla. En los tramos arcillosos es posible reconocer fábricas S-C (con ángulos variables entre los planos S y C), con los cantos orientados, mayoritariamente, paralelamente a la foliación S. Además se identifican estructuras sigmoidales y *horses* en los niveles más competentes, estructuras todas ellas compatibles cinemáticamente con el sentido de cizalla deducido.

A partir del estudio de la microfábrica se constata un predominio de los mecanismos de deformación frágil y, en una menor proporción, dúctil (disolución por presión y microplegamiento).

Las condiciones P-T a las que se han formado estas rocas de falla, inferida a partir de la paragénesis de los minerales de la arcilla (caolinita, clorita, illita y esmectita), sugieren unas condiciones de diagénesis profunda a anquizona. El amplio rango de valores obtenidos del grado de cristalinidad de la illita y su distribución heterogénea a lo largo de los perfiles lito-estructurales, indican unas condiciones P-T que abarcarían desde la anquizona hasta la epizona.

A partir de los resultados obtenidos se puede clasificar esta zona de falla como una zona de cizalla frágil-dúctil caracterizada por presentar una deformación inhomogénea a lo largo del plano de cabalgamiento principal.

Referencias Bibliográficas

CORTES GRACIA, A.L. y CASAS SAINZ, A.M. (2000): ¿Tiene el sistema de fosas de Teruel origen extensional?. *Rev. Soc. Geol. España*, 13 (3-4): 445-470.

SIMÓN, J.L. (1983): Tectónica y neotectónica del sistema de fosas de Teruel. *Teruel*, 69: 21-97.

VILLENA, J., PÉREZ, A., PARDO, G., GONZÁLEZ, A. (1991). Terciario. En: Gabaldón, V. (dir.). *Mapa Geológico de España 1:200.000, hoja 40 (Daroca)*, IGME, Madrid, 138-176.

EXPERIMENTOS DE DISOLUCIÓN DE CaCO_3 EN FORAMINÍFEROS BENTÓNICOS AGLUTINADOS DEL PALEOCENO-EOCENO

Gabriela de Jesús Arreguín-Rodríguez

Departamento de Ciencias de la Tierra (Paleontología),
Universidad de Zaragoza, 50009, Zaragoza, España.
gjarreguin@gmail.com

En el límite Paleoceno-Eoceno se produjo un intenso calentamiento global, la somerización del nivel de compensación de calcita y de la lisoclina, y la disolución del CaCO_3 en amplias regiones oceánicas, en relación con la excursión negativa de los isótopos de carbono (Zachos et al., 2005). Durante dicho evento de calentamiento, conocido como Máximo Térmico del Paleoceno-Eoceno (PETM), ocurrió la mayor extinción de foraminíferos bentónicos de medios profundos del Cenozoico, desapareciendo entre 35-50% de las especies (Alegret et al., 2009). Diversas causas han sido propuestas para explicar dicha extinción, incluyendo cambios en la productividad y oxigenación de las aguas, aumento en la corrosividad de las mismas o la combinación de estos factores. Recientemente se ha dado una mayor importancia a la acidificación de las aguas oceánicas como causa principal de las extinciones de foraminíferos bentónicos, considerando que las especies extintas poseían conchas calcíticas o aglutinadas con material calcáreo, y que las especies afectadas debían tener un modo de vida epifaunal, puesto que las especies infaunales estuvieron bajo menor estrés ya que la disolución del carbonato del sedimento debió incrementar la saturación de calcita del agua intersticial (Thomas, 2012). Con el objetivo de analizar el potencial de la acidificación oceánica como agente causante de dicha extinción, se han realizado experimentos de disolución en foraminíferos bentónicos aglutinados. Para ello, se seleccionaron especies procedentes de Zumaya (España) que se extinguieron en el PETM, que tuvieron desaparición local y que sobrevivieron al evento (Alegret et al., 2009), las cuales fueron sometidas a disolución en ácido acético y se comprobó su estado de conservación, asignándoles un valor numérico con base en la escala de conservación absoluta propuesta por Nguyen et al. (2009).

Los resultados del presente estudio muestran que, en general, las especies supervivientes al evento de extinción fueron poco o nada afectadas por los experimentos de disolución, y las especies que se extinguieron o tuvieron desaparición local tenían cemento y/o partículas calcáreas en su concha, haciéndolas susceptibles a la disolución. Sin embargo, algunas especies extintas (*Dorothia cylindracea*) o con desaparición local (*Haplophragmoides walteri* y *Spiroplectamina spectabilis*) también resultaron ser resistentes a la disolución. De tal manera que ésto, aunado al hecho que la mayoría de las especies extintas o desaparecidas, tanto en Zumaya como en otras localidades y sondeos, presentan un modo de vida infaunal, permite concluir que la acidificación oceánica no pudo ser la única causa de la extinción de los foraminíferos bentónicos durante el PETM, por lo que debió haber otros factores que contribuyeron a la desestabilización de dichas asociaciones.

Referencias Bibliográficas

Alegret, L., Ortiz, S., Orue-Etxebarria, X., Bernaola, G., Baceta, J.I., Monechi, S., Apellaniz, E. & Pujalte, V. (2009) The Paleocene-Eocene Thermal Maximum: New data on microfossil turnover at Zumaia section, Spain. *Palaios*, 24, 318-328.

Nguyen, T.M.P., Petrizzo, M.R. & Speijer, R.P. (2009) Experimental dissolution of a fossil foraminiferal assemblage (Paleocene-Eocene Thermal Maximum, Dababiya, Egypt): Implications for paleoenvironmental reconstructions. *Marine Micropaleontology*, 73, 241-258.

Thomas, E. (2012) Agglutinated benthic foraminifera during ocean acidification: what holds them together?. En: Ninth International Workshop on Agglutinated Foraminifera (Alegret, L., Ortiz, S. & Kaminski, M.A., Eds.) Abstract volume, 95-97.

Zachos, J.C., Röhl, U., Schellenberg, S.A., Sluijs, A., Hodell, D.A., Kelly, D.C., Thomas, E., Nicolo, M., Raffi, I., Lourens, L.J., McCaren, H. & Kroon, D. (2005) Rapid acidification of the ocean during the Paleocene-Eocene Thermal Maximum. *Science*, 308, 1611-1615.

CLIMA, PALEOHIDROLOGÍA Y CAMBIOS EN USOS DEL SUELO EN LA CORDILLERA IBÉRICA DURANTE LOS ÚLTIMOS 1600 AÑOS: EL REGISTRO SEDIMENTARIO DE LA PARRA

Fernando Barreiro Lostres

Instituto Pirenaico de Ecología-Consejo Superior de Investigaciones Científicas

ferbalos@ipe.csic.es

Las reconstrucciones paleoclimáticas son vitales para entender la variabilidad climática actual y mejorar las predicciones de cambios climáticos futuros (Bradley et al., 2003; Mayewski et al., 2004; Mann et al., 2009; Jones et al., 2009). A escala global, la mayoría de los registros que abarcan los últimos 2000 años muestran evidencias de dos periodos principales: una fase árida durante la Anomalía Climática Medieval (ACM, 800-1300 DC; Lamb, 1965; Hughes and Diaz, 1994) seguida de un periodo más húmedo y frío coincidente con la Pequeña Edad del Hielo (PEH, 1300-1850 DC; Bradley and Jones, 1993), aunque se han descrito oscilaciones importantes de temperatura y precipitación dentro de estos periodos (Bradley et al., 2003; Mann et al., 2009; Diaz et al., 2011; Ahmed et al., 2013). Concretamente, en la Península Ibérica se han descrito condiciones generales más húmedas durante el Periodo Húmedo Ibero-Romano (PHIR, 300 AC – 300 DC) y la PEH, y más áridas durante la ACM (Valero-Garcés and Moreno, 2011; Morellón et al., 2011; Moreno et al., 2012). No obstante, existen notables diferencias relacionadas con la intensidad o incluso la sincronía de dichas fases, posiblemente debido a la variabilidad climática peninsular (Atlántico vs Mediterráneo).

Para comprender mejor esta variabilidad, el presente estudio muestra un nuevo registro lacustre multi-indicador, proporcionando información de alta resolución hidrológica y ambiental de los últimos 1600 años en la Cordillera Ibérica. Adicionalmente, este registro de la laguna de La Parra (complejo kárstico de Cañada del Hoyo, Cuenca), constituye la secuencia más larga y completa de esta zona kárstica. Se trata de una dolina inundada relativamente pequeña, pero altamente sensible a la variabilidad ambiental y que muestra una rápida respuesta a los cambios antrópicos del entorno, como queda reflejado por la naturaleza detrítica de sus sedimentos. Consecuentemente, el registro proporciona una reconstrucción paleoclimática coherente con la mayoría de las secuencias lacustres ibéricas. Aunque al mismo tiempo enfatiza la heterogeneidad temporal y espacial de los principales estadios húmedos y áridos a escala de décadas. De esta forma, corrobora la existencia de gradientes latitudinales de variabilidad climática en la Península Ibérica. También se discuten los resultados obtenidos en un contexto climático más amplio, comparandolos con otros registros del centro y este del Mediterráneo. Finalmente se resalta que la heterogeneidad temporal y espacial existente en las principales fases climáticas globales implica la necesidad de integrar dichas diferencias en una síntesis global.

Referencias Bibliográficas:

Ahmed M, Anchukaitis KJ, Asrat A, Borgaonkar HP, Braida M, Buckley BM, et al. (2013) Continental-scale temperature variability during the past two millennia. *Nature Geoscience* 6(5): 339–346.

Bradley RS (2003) Climate change: Climate in Medieval Time. *Science* 302, 5644.

Bradley RS and Jones PD (1993) “Little Ice Age” summer temperature variations: their nature and relevance to recent global warming trends. *The Holocene* 3(4): 367–376.

Díaz HF, Trigo R, Hughes MK, Mann ME, Xoplaki E and Barriopedro D (2011) Spatial and Temporal Characteristics of Climate in Medieval Times Revisited. *Bulletin of the American Meteorological Society* 92(11): 1487–1500.

Hughes MK and Diaz HF (1994) Was there a “Medieval Warm Period”, and if so, where and when? *Climatic Change* 26(2-3): 109–142.

Jones PD, Briffa KR, Osborn TJ, Lough JM, van Ommen TD, Vinther BM, et al. (2009) High-resolution palaeoclimatology of the last millennium: a review of current status and future prospects. *The Holocene* 19(1): 3–49.

Lamb HH (1965) The early medieval warm epoch and its sequel. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 1: 13–37.

Mann ME, Zhang Z, Rutherford S, Bradley RS, Hughes MK, Shindell D, et al. (2009) Global Signatures and Dynamical Origins of the Little Ice Age and Medieval Climate Anomaly. *Science* 326(5957): 1256–1260.

Mayewski P, Rohling E, Curtstager J, Karlen W, Maasch K, Davidmeeker L, et al. (2004) Holocene climate variability. *Quaternary Research* 62(3) 243–255.

Morellón M, Valero-Garcés B, González-Sampériz P, Vegas-Vilarrúbia T, Rubio E, Rieradevall M, et al. (2011) Climate changes and human activities recorded in the sediments of Lake Estanya (NE Spain) during the Medieval Warm Period and Little Ice Age. *Journal of Paleolimnology* 46(3): 423–452.

Moreno A, Pérez A, Frigola J, Nieto-Moreno V, Rodrigo-Gámiz M, Martrat B, et al. (2012) The Medieval Climate Anomaly in the Iberian Peninsula reconstructed from marine and lake records. *Quaternary Science Reviews* 43: 16–32.

Valero-Garcés BL and Moreno A (2011) Iberian lacustrine sediment records: responses to past and recent global changes in the Mediterranean region. *Journal of Paleolimnology* 46(3): 319–325.

RECONSTRUCCIÓN PALEOCLIMÁTICA DE LOS ÚLTIMOS 3200 AÑOS A PARTIR DE LA COMPOSICIÓN ISOTÓPICA DE ESTALAGMITAS EN EL PIRINEO CENTRAL.

Miguel Bartolomé Úcar

Instituto Pirenaico de Ecología-Consejo Superior de Investigaciones Científicas

mbart@ipe.csic.es

Las estalagmitas son excelentes registros paleoclimáticos que permiten reconstruir las condiciones ambientales del pasado mediante el análisis de la variabilidad cronoreferenciada de la composición isotópica de su carbonato ($^{18}\text{O}/^{16}\text{O}$ y $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$). Ocho estalagmitas de dos cuevas (El Sistema de las cuevas de Seso, SCS, y el Sistema de las Fuentes de Escuaín, B1) en el Pirineo Central han sido estudiadas para reconstruir las condiciones ambientales durante los últimos 3200 años. Las Cuevas de Seso conforman un pequeño sistema pseudokárstico, rectilíneo y superficial (~ 2 m de profundidad), mientras que las Fuentes de Escuaín se integran en un gran sistema kárstico de 33 km de desarrollo horizontal y -1150 m de desnivel. Las estalagmitas fueron datadas mediante series de desintegración de U/Th en las universidades de Minnesota (USA) y Melbourne (Australia).

El control cronológico revela cortos periodos de crecimiento estalagmítico durante el Holoceno en ambas cavidades, destacando periodos comunes de crecimiento durante la Época Fría del Hierro (EFH) (2500-3250 años BP), el Periodo Húmedo Ibero-Romano (PHI-R) (1500-2500 años BP), la Pequeña Edad de Hielo (PEH) (100-740 años BP) y la Era Industrial (últimos 120 años).

Los patrones generales de la variación del $\text{O}\delta^{18}$ y $\text{C}\delta^{13}$ son reproducibles en las estalagmitas de ambos sistemas indicando que las condiciones ambientales influyeron de la misma manera sobre los valores isotópicos, por lo que procesos de fraccionamiento cinético durante la precipitación del carbonato pueden ser descartados. Los valores de $\text{O}\delta^{18}$ muestran el mismo rango de variación en ambos sistemas mostrando una pequeña variación (~ -6 ‰ a ~ -7.5 ‰) mientras que los valores de $\text{C}\delta^{13}$ varían en rangos diferente (~ -5 ‰ para B1 y ~ -9 ‰ para SCS) debido a la diferente composición isotópica de la caliza marina soporte y del espesor de la misma sobre los sistemas. Los valores de $\text{C}\delta^{13}$ señalan condiciones húmedas entre 3200 y 1500 años BP con pequeñas variaciones, mientras que los valores de $\text{O}\delta^{18}$ muestran ciclos de calentamiento y enfriamiento durante el mismo periodo.

La ausencia de espeleotemas durante la Anomalía Climática Medieval (ACM, 1500-750 años BP) apoya las condiciones áridas registradas en el área en estudios previos mediante otros indicadores. La Pequeña Edad de Hielo se divide en dos fases, la primera con valores enriquecidos de $\text{O}\delta^{18}$ y $\text{C}\delta^{13}$ indicando condiciones áridas y templadas, y una segunda fase, con valores isotópicamente más ligeros, indicando condiciones frías y más húmedas. Durante la Era Industrial los valores de oxígeno muestran un rápido calentamiento, mientras que el carbono indica condiciones húmedas, apuntando a la posible influencia de la recuperación forestal sobre SCS.

Cortos periodos con valores especialmente negativos en el carbono durante la PEH pueden estar relacionados con los mínimos solares (Wolf, Spörer, Maunder, Dalton) incluso la reciente tendencia húmeda se puede relacionar con el actual mínimo (Eddie). Durante el pasado milenio, los mínimos de actividad solar se asocian con condiciones frías, que en el Pirineo Central puede derivar hacia un incremento de la disponibilidad hídrica debido a una menor evapotranspiración.

Los valores isotópicos del $\text{O}\delta^{18}$ de la estalagmita más reciente (1996-1750 AD) obtenida muestran una excelente correlación con la variación de temperatura del registro instrumental permitiendo transferir los datos isotópicos de las estalagmitas estudiadas a valores cuantitativos de temperatura ambiental.

Esta reconstrucción muestra eventos de calentamiento con una variación de $+0.5^{\circ}\text{C}$ durante época reciente (actual calentamiento), $+0.15^{\circ}\text{C}$ durante la PEH y 3 eventos ($+0.2^{\circ}\text{C}$) durante el PHI-R y la EFH, mientras que los momentos fríos de la PEH responden a variaciones de -0.3° - -0.4°C .

LA GRAVIMETRÍA COMO SOLUCIÓN A UN PROBLEMA ESTRUCTURAL: LA SIERRA DE SANTO DOMINGO

Pablo Calvin

pcalvin@ubu.es

Las Sierras Exteriores pirenaicas han sido, a lo largo del tiempo, un reclamo muy importante para investigadores que han pretendido desentrañar la formación de las mismas a partir de diferentes técnicas, con la cartografía geológica como herramienta básica (tanto realizada en campo como haciendo uso de cartografía aérea) para reconstruir la estructura de las mismas. Sin embargo, generalmente la interpretación en profundidad de las mismas debe apoyarse en otras fuentes de información, como los sondeos o la prospección geofísica. En concreto, la interpretación de perfiles sísmicos suele ser una herramienta decisiva.

La Sierra de Santo Domingo, caracterizada por un anticlinal de dirección pirenaica (WNW-ESE), constituye la terminación occidental de las Sierras Exteriores. Se trata de un anticlinal isoclinal ligeramente vergente al Sur, de flancos verticales muy apretados. En su núcleo afloran rocas triásicas y hacia el W presenta un cierre periclinal cónico con fuerte inmersión, donde terminan Sierras Exteriores.

La falta de herramientas auxiliares a la cartografía (el alto buzamiento de las capas impide la realización de campañas de prospección sísmica) en el sector más occidental del anticlinal, ha permitido que se propongan dos interpretaciones antagónicas para la estructura profunda.

El primero de los modelos es el propuesto por Pocoví et al. (1990). Según estos autores, un anticlinal de despegue con gran volumen de evaporitas triásicas en su núcleo caracteriza la estructura. Por contra, Teixell y García-Sansegundo (1995) proponen la existencia de una lámina basal de cabalgamiento, (Guarga), sobre la que se sitúa directamente.

Una de las principales divergencias entre ambos modelos es la diferencia de volumen en el núcleo del anticlinal de materiales de baja densidad (evaporitas triásicas). Por ello, una manera para discernir entre ambas hipótesis es la prospección gravimétrica, que nos permite valorar el efecto de la existencia, volumen y geometría de cuerpos de diferente densidad en la gravedad terrestre. Se han medido 250 puntos, con un espaciado aproximado de 1 Km en una malla construida por 7 perfiles perpendiculares a la estructura, conectados por 4 perfiles longitudinales. Mediante un procesado riguroso de los datos, se ha generado el mapa de anomalías de Bouguer, regional y residual. En el mapa de anomalía residual, se observa una anomalía negativa elongada en la dirección del mismo (12x3Km) con un mínimo de aproximadamente -6mGal, centrada en la parte aflorante del núcleo del anticlinal y que desaparece lateralmente a Este y Oeste. Una modelización detallada de la anomalía puede permitir discernir definitivamente entre ambos modelos.

Referencias Bibliográficas

Pocoví, A., Millán, H., Navarro, J.J. y Martínez, M.B., 1990. Rasgos estructurales de la Sierra de Salinas y la zona de los Mallos (Sierras Exteriores, Prepirineo, provincias de Huesca y Zaragoza). *Geogaceta*, 8, 36-39.

Teixell, A., García-Sansegundo, J., 1995. Estructura del sector central de la Cuenca de Jaca (Pirineos meridionales). *Rev. Soc. Geol. España*, 8, 215-228

CARACTERIZACIÓN DE DOLINAS POR MEDIO DE LA TÉCNICA DE TRENCHING Y ESTUDIOS GEOFÍSICOS (GPR, ERT)

Domingo Carbonel Portero

Área de Geodinámica Externa, Departamento de Ciencias de la Tierra
Pedro Cerbuna, 12, 50009 Zaragoza (Spain)
Universidad de Zaragoza
dcarbone@unizar.es

Se ha analizado un cluster de dolinas desarrollado en el karst evaporítico de la ciudad de Zaragoza, el cual ha quedado cubierto por diferentes elementos humanos, cuya actividad ha generado unas pérdidas económicas cercanas a un millón de euros. La investigación, llevada a cabo después del desarrollo urbanístico del área, ha supuesto la aplicación de diversas técnicas de estudio tanto en superficie como del subsuelo. A partir de la elaboración de una cartografía de deformaciones superficiales recientes se ha podido detectar la presencia de dos dolinas coalescentes activas, mientras que la interpretación de fotografías aéreas antiguas revela además la presencia de dos dolinas inactivas bajo estructuras humanas, las cuales no habían sido percibidas y podrían reactivarse en un futuro. Por otra parte tanto la tomografía eléctrica de resistividad (ERT) como la técnica del Trenching han quedado limitadas espacialmente por la presencia de elementos urbanos.

A pesar de las diferentes limitaciones, las técnicas indican consistentemente que el área afectada por subsidencia es mucho mayor que la definida por la deformación superficial. La presencia de depósitos antropogénicos altamente conductivos y masivos ha afectado de forma negativa al rendimiento de la técnica del GPR, aun así algunos perfiles revelan que el hundimiento en el sector centra de una de las dolinas quedando acomodada principalmente por flexión. La trinchera excavada a lo largo del margen topográfico de una de las dolinas presenta relaciones estratigráficas y estructurales que pueden ser explicadas mediante dos interpretaciones diferentes (1) Desplazamiento episódico por medio de tres eventos de colapso de alrededor de 0,6 m los cuales sucederían posteriormente a 290 años BP. (2) Desplazamiento progresivo combinado con excavaciones y rellenos antropogénicos episódicos. Se han calculado tasas de desplazamiento medio con magnitudes mayores a 6,6 mm/año y 40 mm/año utilizando marcadores estratigráficos datados mediante el método del C14 y por medio de la información histórica. Este caso ilustra la necesidad de realizar investigaciones previas a la urbanización de zonas afectadas por dolinas en las que se incluya un enfoque geomorfológico. Un modelo geomorfológico sólido es esencial para realizar un correcto diseño de la investigación en el área de estudio, la interpretación de los datos y la aplicación de medidas de mitigación efectivas.

Una vez que se desarrollan las dolinas, los elementos urbanos restringen en gran medida la aplicabilidad y el rendimiento de muchas de las técnicas, disminuyendo en gran medida la relación beneficio/esfuerzo de las investigaciones.

Referencias Bibliográficas

- Bezuidenhout, C.A. & Enslin, J.F. (1970). Surface subsidence and sinkholes in the dolomitic areas of the Far West Rand, Transvaal, Republic of South Africa. In: Land Subsidence. International Association of Hydrological Sciences, Publ. n° 89, 482-495.
- Buurman, N. & Reuther, C.-D. (2006). Profiling of sinkholes in the metropolitan region of Hamburg and Lüneburg with ground penetrating radar (GPR). Geophysical Research, Abstract 8, 01878.
- De Bruyn, I.A. & Bell, F.G. (2001). The occurrence of sinkholes and subsidence depressions in the Far West Rand and Gauteng Province, South Africa, and their engineering implications. Environmental and Engineering Geoscience, 7, 281-295.
- Delle Rose, M. & Leucci, G. (2010). Towards an integrated approach for characterization of sinkhole hazards in urban environments: the unstable coastal site of Casalabate, Lecce, Italy. Journal of Geophysics and Engineering, 7, 143-154.
- Galve, J., Gutiérrez, F., Lucha, P., Bonachea, J., Remondo, J., Cendrero, A., Gutiérrez, M., Gimeno, M., Pardo, G. & Sánchez, J. (2009). Sinkholes in the salt-bearing evaporite karst of the Ebro River valley upstream of Zaragoza city (NE Spain). Geomorphological mapping and analysis as a basis for risk management. Geomorphology, 108, 145-158.
- Gutiérrez, F., Calaforra, J.M., Cardona, F., Ortí, F., Durán, J.J. & Garay, P. (2008). Geological and environmental implications of evaporite karst in Spain. Environmental Geology, 53, 951-965.
- Gutiérrez, F., Galve, J.P., Lucha, P., Bonachea, J., Jordá, L. & Jordá, R. (2009). Investigation of a large collapse sinkhole affecting a multi-storey building by means of geophysics and the trenching technique (Zaragoza city, NE Spain). Environmental Geology, 58, 1107-1122.
- Kim, J.H., Yi, M.J., Hwang, S.H., Song, Y., Cho, S.J. & Synn, J.H. (2007). Integrated geophysical surveys for the safety evaluation of a ground subsidence zone in a small city. Journal of Geophysics and Engineering, 4, 332-347.
- Thierry, P., Debeglia, N. & Bitri, A. (2005). Geophysical and geological characterization of karst hazards in urban environments: application to Orléans (France): Bulletin Engineering Geology and the Environment, 64, 139-150.
- Wenhui, S. (1990). Geological calamities research in chinese railways. In: Proceedings of the Sixth International Congress of the International Association of Engineering Geology (Price, D.G. ed.). A.A. Balkema, Rotterdam (The Netherlands), 2401-2407.
- Zisman, E.D., Wightman, M. & Kestner, J. (2013). Sinkhole investigation methods: the next step after special publication n.57. Carbonates and Evaporites, doi 10.1007/s13146-013-0

MODELIZACIÓN DE LA ALTERACIÓN DE CROMITA DURANTE EL METAMORFISMO

Vanessa Colás Ginés

Área de Cristalografía y Mineralogía,
Departamento Ciencias de la Tierra,
Facultad de Ciencias, Universidad de Zaragoza
vcolas@unizar.es

El estudio de las cromitas del macizo ultramáfico de Tapo (Cordillera Oriental Andina, Perú) ha permitido obtener un nuevo modelo termodinámico capaz de explicar cómo se produce la alteración de la cromita durante el metamorfismo en facies anfibolita.

Las cromitas de Tapo son cuerpos podiformes con menos de 100 m de espesor y texturas principalmente masivas (> 85 % vol. de cromita) y semi-masivas (65-85 % vol.), aunque pueden ser accesorias (< 10 % vol.) hacia el encajante metaperidotítico. El metamorfismo en facies anfibolita queda registrado en los granos de cromita en forma de texturas parcialmente alteradas y zonadas (Gervilla et al., 2012). Los granos de *cromita parcialmente alterada* contienen núcleos ricos en Al rodeados por un borde de cromita porosa rica en Fe^{2+} . Los granos de *cromita zonada* muestran núcleos ricos en Al rodeados por cromita no-porosa rica en Fe^{3+} (ferrian cromita), los cuales pueden evolucionar a magnetita. Las tendencias composicionales observadas de núcleo a borde de las cromitas parcialmente alteradas y zonadas indican que la cromita se alteró en dos etapas. Durante la primera etapa, fluidos reductores promovieron la reacción de la cromita primaria con el olivino de la matriz para producir clorita en equilibrio con una cromita rica en Fe^{2+} . La segunda etapa consistió en la infiltración de fluidos oxidantes que favorecieron la formación casi simultánea de ferrian cromita y magnetita.

Para la modelización de la primera etapa de alteración de la cromita se ha empleado el paquete software Perplex_X y una estrategia híbrida que combina el potencial químico y la composición global de la cromita, asumiendo que el sistema Cr_2O_3 -MgO- Al_2O_3 - SiO_2 - H_2O es cerrado y está sobresaturado en agua.

Se han realizado diagramas de fase isoquímicos (pseudosecciones) empleando la composición de cromita inalterada (1:1 proporción molar de cromita primaria+forsterita) y de los bordes de cromita parcialmente alterada (1:1 proporción molar de cromita rica en Fe^{2+} +clorita) para reproducir las asociaciones minerales estables bajo condiciones de facies anfibolita (12.5 ± 1 kbar y 535 ± 20 °C; Willner et al., 2010). La asociación estable en la pseudosección de cromita inalterada es cromita+clorita+brucita, mientras que la asociación cromita + clorita + eskolaita es estable en la pseudosección de cromita alterada. Esto indica que para la formación de cromita rica en Fe^{2+} es necesaria la adición de SiO_2 al sistema. La pseudosección T- μSiO_2 calculada para la composición de cromita inalterada original indica que si los fluidos metamórficos añaden SiO_2 al sistema, la transformación de cromita primaria a cromita rica en Fe^{2+} sólo se lleva a cabo a $T < 750$ °C. Se ha calculado un diagrama P-T-X usando las proporciones molares entre la composición de cromita inalterada y la de cromita alterada, asumiendo una trayectoria metamórfica de 10-20 kbar y 400-1000 °C. Los resultados predicen que la alteración de cromita primaria a cromita rica en Fe^{2+} se produce en un sistema abierto en el que se requiere la infiltración de fluidos ricos en SiO_2 ($> 19,60$ % en peso de SiO_2).

Referencias Bibliográficas

Gervilla, F., Padrón-Navarta, J., Kerestedjian, T., Sergeeva, I., González-Jiménez, J., Fanlo, I. (2012) Formation of ferrian chromite in podiform chromitites from the Golyamo Kamenyane Serpentine, eastern Rhodopes, SE Bulgaria: A two-Stage process. *Contrib. Mineral. Petrol.* 164, 1-15.

Willner, A., Castroviejo Bolibar, R., Rodrigues, J., Acosta, J., Rivera Feijóo, M. (2010) High pressure metamorphic conditions in garnet amphibolite from a collisional shear zone related to the Tapo ultramafic body, Eastern Cordillera of Central Peru. *Soc. Geol. Perú, Pub. Esp.* 9, 87-90.

PRIMERA APROXIMACIÓN PALEOBIOLÓGICA DE LOS SIRENIOS (MAMMALIA) DEL EOCENO MEDIO (LUTECIENSE) DE CASTEJÓN DE SOBRARBE, HUESCA, ESPAÑA

Ester Díaz Berenguer

Grupo Aragosaurus-IUCA,
Dpto. Ciencias de la Tierra,
Facultad de Ciencias, Universidad de Zaragoza,
Calle Pedro Cerbuna, 12, 50009, Zaragoza, España
ester.berenguer@gmail.com

En el yacimiento paleontológico de Castejón de Sobrarbe-41 (CS-41) se ha recuperado la colección fósil más completa de los primeros representantes de sirenios de Europa, y una de las mejores del mundo. El yacimiento se está excavando desde 2009 por el Grupo de investigación Aragosaurus-IUCA (UNIZAR). Los niveles fosilíferos corresponden a facies deltaicas de la Formación Sobrarbe (Cuenca de Ainsa) de edad Luteciense medio (Mochales *et al.*, 2012). Hasta la fecha, se han realizado tres campañas de campo, con una superficie total excavada de 15 m², recuperándose más de 600 restos de vertebrados. Además, se han lavado y triado 250 kg de sedimento.

La asociación fósil de vertebrados de CS-41 está compuesta por dientes y huesos postcraneales de peces, tiburones, lacértidos, tortugas, cocodrilos, un posible cetáceo, micromamíferos, y gran cantidad de cáscaras de huevo. Además, se han recolectado numerosos restos de invertebrados y semillas de plantas. El material más abundante y espectacular es de sirenios del que se están estudiando 3 cráneos, 4 escápulas, huesos pélvicos y huesos de las extremidades anteriores y posteriores, numerosas vértebras y costillas, que corresponden al menos a seis individuos, entre adultos y juveniles.

Los sireniosson el único grupo conocido de mamíferos marinos herbívoros completamente acuáticos, actualmente representados por manatíes y dugongos. Aparecieron a finales del Eoceno inferior (Ypresiense superior-Luteciense inferior) y durante el Cenozoico fueron abundantes desde las costas del Oeste Atlántico hasta el área del Tetis. A lo largo del Eoceno se observa una transición desde formas semiacuáticas cuadrúpedas con un sacro multivertebral (prorastómidos), pasando por formas acuáticas, que aún conservan miembros posteriores funcionales (protosirénidos), o que se encuentran en un avanzado estado de reducción de las extremidades posteriores (dugóngidos). El registro fósil del Luteciense es escaso a nivel mundial, y especialmente en el Oeste de Europa, donde la edad de los afloramientos y/o las asignaciones taxonómicas son inciertas. En el dominio Pirenaico la mayoría de los fósiles provienen del Bartonense y Priabonense, y los restos aislados del Luteciense no han permitido realizar determinaciones taxonómicas precisas (Astibia *et al.*, 2010, y referencias).

Los cráneos de CS41 presentan caracteres morfológicos primitivos como un meato auditivo externo estrecho anteroposteriormente, (prorastómidos y protosirénidos), o la conservación de un P⁵ permanente (prorastómidos), y caracteres más derivados como la presencia del proceso retroverso en el escamoso (dugóngidos). En cuanto al esqueleto postcranial, la pelvis de sirenio recuperada en CS41 presenta un foramen obturador y un acetábulo de gran tamaño, que junto con la presencia de un fémur bien desarrollado evidencian que se trata del primer sirenio con extremidades posteriores funcionales de Europa. A la espera de su asignación taxonómica, el sirenio de Sobrarbe va a permitir ampliar el conocimiento sobre las adaptaciones acuáticas de las primeras formas de sirenios del Eoceno, así como esclarecer algunas cuestiones sobre la Filogenia y la Paleobiogeografía del grupo.

Referencias Bibliográficas

Astibia, H., Bardet, N., Pereda-Suberbiola, X., Payros, A., De Buffrénil, V., Elorza, J. & Badiola, A. (2010). New fossils of Sirenia from the Middle Eocene of Navarre (Western Pyrenees): the oldest West European sea cow record. *Geological Magazine*, 147(05), 665-673.

Mochales, T., Barnolas, A., Pueyo, E., et al. (2012). Chronostratigraphy of the Boltaña anticline and the Ainsa Basin (southern Pyrenees). *Geological Society of America Bulletin*, 124 (7-8), 1229-1250.

Zalmout, I. y Gingerich, P.D. (2012). Late Eocene sea cows (Mammalia, Sirenia) from Wadi Al Hitán in the western desert of Fayum, University of Michigan, *Papers on Paleontology*, 37, 1-158.

RECONSTRUCCIÓN SEDIMENTARIA Y PALEOCLIMATICA DE LOS ÚLTIMOS 500 AÑOS DE LA LAGUNA DEL MAULE, CHILE CENTRAL (36°S, 70°30'W)

Matías Frugone Álvarez

Instituto Pirenaico de Ecología-Consejo Superior de Investigaciones Científicas
mfrugone@ipe.csic.es

El campo volcánico Laguna del Maule (LdM) se encuentra en la Cordillera de los Andes Sur y rodea al lago homónimo de 54 km², cubriendo una superficie de 500 km² de accidentado terreno glaciado, compuesto por lavas y tobas cuaternarias en una de la zonas de subduccion volcánica y sísmica más activa de la Tierra (Feigl et al., 2014; Hildreth et al., 2010).

Escasos registros continuos describen la historia ambiental reciente a estas latitudes y los registros históricos e instrumentales no son suficientes para entender la evolución climática en la alta cordillera.

El objetivo de este estudio es reconstruir la historia sedimentaria y ambiental de la Laguna del Maule durante el Holoceno tardío. diecisiete sondeos cortos fueron tomados usando un sondeador de gravedad y enviados a España para su descripción macroscópica, microscópica, análisis geoquímico y datación.

Una vez abiertos, los sondeos fueron fotografiados y analizados por un escáner de fluorescencia de rayos X (XRF) a una resolución de 4 mm. Los sondeos se muestrearon a intervalos continuos de 1 cm para análisis elemental de TC, TIC, TOC, TN y mineralogía cada 5 cm para DRX y se seleccionaron muestras para análisis geoquímicos por ICP-OES. El modelo de edad está contruido con dataciones de ²¹⁰Pb-¹³⁷Cs y 6 dataciones ¹⁴C AMS.

En la parte superficial del registro identificamos sedimentológicamente el momento del represamiento (1962). La tefra más joven corresponde a la última gran erupción (volcán Quizapu, 1932) y se han identificado otros 7 eventos volcánicos anteriores. Los datos geoquímicos muestran cambios importante en productividad del lago y en el estado oxidativo del sedimento que asociamos al impacto antropogénico de las últimas décadas y los cambios ambientales de la Pequeña Edad de Hielo.

Referencias Bibliográficas

Feigl, K.L., Le Mevel, H., Tabrez Ali, S., Cordova, L., Andersen, N.L., DeMets, C., and Singer, B.S. (2014). Rapid uplift in Laguna del Maule volcanic field of the Andean Southern Volcanic zone (Chile) 2007-2012. *Geophys. J. Int.* *196*, 885–901.

Hildreth, W., Godoy, E., Fierstein, J., and Singer, B. (2010). Laguna del Maule Volcanic Field: Eruptive history of a Quaternary basalt-to-rhyolite distributed volcanic field on the Andean rangecrest in central Chile. *Bol. - Serv. Nac. Geol. Min.*

EL ESTUDIO DE LOS MURCIÉLAGOS FÓSILES DEL CUATERNARIO

Julia Galán García

Grupo Aragosaurus-IUCA. Paleontología.
Facultad de Ciencias.
Universidad de Zaragoza. C/ Pedro Cerbuna 12. E-50009 Zaragoza.
galanj@unizar.es

Los murciélagos (Chiroptera, MAMMALIA) fósiles del Cuaternario son un orden de taxones considerados parte del grupo coloquialmente denominado *microfauna*. En su estudio se utiliza una metodología similar a la empleada con otros órdenes de pequeños vertebrados. En el campo, el sedimento extraído durante la excavación paleontológica de un yacimiento se criba mediante la técnica del lavado-tamizado, bien empleando una mesa de decantación o bien mediante torres de tamices superpuestos. En el laboratorio, las muestras lavadas de sedimento se trían para extraer los restos fósiles presentes (Galán, 2013).

La identificación de los restos de quiróptero se realiza en base a características distintivas de su esqueleto. El esqueleto postcranial de los quirópteros está adaptado al vuelo. Por un lado, esto hace que los huesos sean muy livianos en comparación con los de otros mamíferos de talla similar. Por otro, los huesos de las extremidades anteriores presentan una morfología muy característica (de especial interés diagnóstico son las diáfisis del húmero, cuya morfología está directamente relacionada con el tipo de vuelo de cada taxón) (López-García & Sevilla, 2012; Galán, 2013). Los quirópteros del Cuaternario ibérico son animales con una dieta básicamente insectívora. Su esqueleto craneal está adaptado a este tipo de alimentación y algunas piezas dentales presentan cierta convergencia morfológica con las de otros micromamíferos de hábitos semejantes, como los miembros del orden Soricomorpha. Los molares superiores de soricomorfos y quirópteros son de tipo dilambdodonto, con una ectocresta en forma de W. Estos últimos se caracterizan por la presencia de un cíngulo más desarrollado, un hipocono generalmente ausente o poco desarrollado, y un contorno oclusal más bien triangular. Los molares inferiores de los quirópteros presentan dos patrones morfológicos propios de este orden, según la disposición de entocónido e hipoconúlido: myotodonto o nyctalodonto; también presentan cíngulos bien desarrollados (Sevilla, 1988; Galán, 2013).

Las actuales especies ibéricas del orden Chiroptera son básicamente las mismas que encontramos en los yacimientos del Cuaternario de nuestro país. Debido a la etología de estos taxones, es frecuente que los restos de quirópteros sean abundantes en los yacimientos en cuevas por acumulación de los individuos muertos *in situ*, aunque su acumulación puede también deberse a la acción de rapaces nocturnas. Debido a que el agente acumulador de los quirópteros no es necesariamente el mismo que el de los otros mamíferos de pequeño tamaño presentes en un yacimiento (que habitualmente es el depósito de egagrópilas), este grupo puede utilizarse como una fuente de información paleoclimática y paleoambiental complementaria tras el debido análisis tafonómico de los restos (López-García & Sevilla, 2012; Galán, 2013).

Referencias Bibliográficas

Galán, J. (2013) Análisis taxonómico del orden Chiroptera (MAMMALIA) del Pleistoceno del relleno del complejo kárstico de Aguilón. No publicado (Tesis de Máster. Zaragoza), 51 pp.

López-García, J.M. & Sevilla, P. (2012) La contribución de los fósiles a la reconstrucción de las dinámicas de población de murciélagos. *Barbastella*, 5 (1), 12-18.

Sevilla, P. (1988) Estudio paleontológico de los quirópteros del Cuaternario español. *Paleontologia i Evolució*, 22, 113-233.

EVALUACIÓN DEL IMPACTO TÉRMICO DE LAS CRECIDAS DEL RÍO EBRO EN SISTEMAS GEOTÉRMICOS DE BAJA ENTALPÍA EN EL ACUÍFERO ALUVIAL URBANO DE ZARAGOZA.

Alejandro García-Gil

Area de Geodinamica Externa
Facultad de Ciencias.
Universidad de Zaragoza.
agargil@unizar.es

La implantación de forma extensiva de bombas de calor geotérmicas en acuíferos urbanos es un tema importante relacionado con la calidad de las aguas subterráneas y de viabilidad económica de instalaciones geotérmicas existentes (Garrido, 2008). Aunque muchas ciudades se encuentran en las inmediaciones de grandes ríos, se sabe poco acerca de la interacción río-acuífero desde un punto de vista térmico a una escala kilométrica.

En este trabajo se evalúa el impacto térmico de las explotaciones geotérmicas existentes en el acuífero aluvial urbano de Zaragoza y se reconstruye el régimen térmico del acuífero teniendo en cuenta las crecidas del río Ebro. Para ello se ha realizado la modelación matemática de flujo y transporte de calor en el margen derecho del río Ebro incluyendo 27 instalaciones geotérmicas de baja entalpía provistas con bombas de calor en sistema abierto. Mediante los resultados del modelo numérico se ha evaluado la distribución espacial y evolución temporal de los impactos térmicos generados por las crecidas “frías” para la mejora de la gestión energética del acuífero aluvial urbano de Zaragoza.

Los resultados muestran un impacto térmico directo variable entre 0 y 6 °C dependiendo de la relación río-acuífero a lo largo de la trayectoria del río. Por otro lado, las plumas térmicas alejadas del cauce también presentan menores impactos térmicos indirectos debido a las variaciones del gradiente hidráulico durante las crecidas.

Referencias Bibliográficas

Garrido, E. (2008). Estudio del impacto térmico generado por los pozos de climatización en la ciudad de Zaragoza, Proyecto IGME-CHE (Inédito).

ESTUDIO MORFOTECTÓNICO DE LA FALLA DE SIERRA PALOMERA

García Lacosta, Ana Isabel

anagarcialacosta@hotmail.com

La falla de Sierra Palomera corresponde a una falla normal de 15,6 km de longitud con una orientación general NNO-SSE, que limita el sector centro-oriental de la fosa del Jiloca (Cordillera Ibérica). Se trata de una cuenca neógena desarrollada bajo un campo de esfuerzos extensional aproximadamente multidireccional ligada al *rifting* del Golfo de Valencia (Capote *et al.*, 2002; Arlegui *et al.*, 2005; Rubio y Simón, 2007).

La principal expresión geomorfológica en el relieve de la falla de Sierra Palomera está constituida por un gran frente montañoso de dirección NO-SE, con altitudes comprendidas entre 320 y 530 m respecto al fondo de la fosa del Jiloca, constituido fundamentalmente por materiales jurásicos. Dicho frente montañoso se encuentra caracterizado por una escasa incisión de la red de drenaje como consecuencia del carácter endorreico de la fosa del Jiloca hasta el Pleistoceno (Rubio y Valle, 2005), la presencia de importantes facetas trapezoidales con elevadas pendientes en su sector norte y un conjunto de abanicos aluviales funcionales emplazados en su piedemonte.

El estudio morfotectónico de los principales rasgos geomorfológicos asociados al frente montañoso, tanto de forma cualitativa como cuantitativa mediante el uso de diferentes índices geomórficos (índice de sinuosidad del frente montañoso S_{mf} ; índice de gradiente fluvial SL e índice de relación de altura y anchura del fondo de valle V_f), permiten clasificar no sólo su grado de actividad tectónica relativa sino también sus tasas de desplazamiento, considerando a la falla de Sierra Palomera como una estructura tectónica activa relativamente rápida según las clasificaciones de Silva *et al.* (2003) y de McCalpin (1996; adaptada de Bull y McFadden, 1977). Estas clasificaciones de la actividad tectónica relativa de los frentes montañosos permiten estimar tasas de levantamiento tectónico para la falla de Sierra Palomera superiores a 0,05 m/ka; entre 0,05 y 0,5 m/ka y superiores a 0,08 m/ka según las clasificaciones de McCalpin (1996) y de Silva *et al.* (2003), respectivamente.

Referencias Bibliográficas

Arlegui, L.E.; Simón, J.L.; Lisle, R.J. y Orife, T. (2005). Late Pliocene-Pleistocene stress field in the Teruel and Jiloca grabens (eastern Spain): contribution of a new method of stress inversion. *Journal of Structural Geology*, 27: 693-705.

Bull, W.B. y McFadden, L.D. (1977). Tectonic geomorphology north and south of the Garlock fault, California. En: *Geomorphology in Arid Regions*. D.O. Doehring, ed., Publications in Geomorphology, State University of New York at Binghamton: 115-138.

Capote, R.; Muñoz, J.A.; Simón, J.L.; Liesa, C.L. y Arlegui, L.E. (2002). Alpine tectonics I: the Alpine system north of the Betic Cordillera. En: *The Geology of Spain*. W. Gibbons y T. Moreno, eds., The Geological Society London: 384-397.

McCalpin, J.P. (1996). Paleoseismology. *International Geophysics*, Volume 95, Academic Press: 588.

Rubio, J.C. y del Valle, J. (2005). Estudio de la evolución de régimen hidrológico en zonas húmedas drenadas: los humedales del Cañizar (provincia de Teruel, España). *Investigaciones Geográficas*, 38: 47-63.

Rubio, J.C. y Simón, J.L. (2007). Tectonic subsidence v. erosional lowering in a controversial intramontane depression: the Jiloca basin (Iberian Chain, Spain). *Geological Magazine*, 144 (1): 127-141.

Silva, P.G.; Goy, J.L.; Zazo, C. y Bardají, T. (2003). Fault-generated mountain fronts in southeast Spain: geomorphologic assessment of tectonic and seismic activity. *Geomorphology*, 50: 203-225.

CARACTERIZACIÓN DE LA ETAPA EXTENSIONAL EN LA CUENCA TRIÁSICA INVERTIDA DE LA RAMA CASTELLANA (C. IBÉRICA) A PARTIR DEL ANÁLISIS DE LA FÁBRICA MAGNÉTICA

Cristina García Lasanta

Área de Geodinámica Interna,
Departamento de Ciencias de la Tierra
Facultad de Ciencias, Universidad de Zaragoza
lasanta@unizar.es

El objetivo de este estudio es caracterizar la extensión triásica de la Rama Castellana de la Cordillera Ibérica, utilizando las fábricas magnéticas como marcadores de la deformación. Las facies rojas continentales del Triásico se acumularon en semigrábenes durante la primera etapa del rifting mesozoico en la Ibérica, que reactivó fracturas tardihercínicas de orientación NW-SE (e.g. Sopena y Sánchez-Moya, 1997).

Una de las dificultades que encontramos en la región es que se invirtió tectónicamente, al igual que toda la Cordillera Ibérica, durante el Terciario, proceso que enmascara las estructuras extensionales generadas durante la etapa de rifting. La ventaja en este caso es que las fallas principales que limitaban el rift se invirtieron solo parcialmente, a modo de strike-slip dextro, y la deformación compresiva se focalizó sobre todo en el desarrollo de pliegues laxos con ejes oblicuos a dichas fallas principales (De Vicente et al., 2007), sin desarrollo de foliación. Por lo tanto la fábrica magnética no se habrá visto afectada por la compresión y aportará información sobre la etapa extensional previa.

Las mineralogías presentes influyen en la orientación de la fábrica magnética, por lo que el estudio incluye una caracterización detallada de las mismas mediante diversos métodos de magnetismo de rocas: curvas de susceptibilidad frente a la temperatura (informan sobre el tipo de mineralogía magnética presente en la muestra), curvas de adquisición de la magnetización remanente inducida (IRM, dan información sobre la coercitividad de cada fase ferromagnética presente), curvas de *backfield* (permiten calcular la coercitividad de la remanencia, también característica de cada especie mineral) e IRM de tres componentes ortogonales (que combina las diferencias ente coercitividades y temperaturas de desbloqueo de cada fase ferromagnética para conseguir identificarla). Todos estos análisis permiten interpretar un contenido mayoritario de hematites en las muestras, a veces acompañado de una proporción variable de minerales paramagnéticos (probablemente filosilicatos).

Respecto a la orientación de la fábrica magnética, 41 de las 55 estaciones incluidas en el estudio presentan elipsoides oblatos en los que el eje mínimo de susceptibilidad (k_{\min}) se dispone perpendicular al plano de estratificación y la lineación magnética (k_{\max}) se presenta o con patrones radiales o agrupada según diversas orientaciones. En las 14 estaciones restantes, la fábrica magnética ha sido modificada por la inversión tectónica terciaria, dado que se observan guirnaldas entre los ejes intermedio y mínimo con mayor o menor grado de desarrollo.

En el caso de las lineaciones magnéticas relacionadas con el proceso extensivo, a pesar de la variedad de orientaciones registradas (dos direcciones principales NE-SW y NW-SE, y dos secundarias, N-S y E-W), se observa un máximo dominante ENE-OSO, que concuerda perfectamente con el régimen de transtensión dextro descrito para la evolución del rifting permo-triásico. La variabilidad de orientaciones se debe probablemente a la posición concreta de las estaciones respecto a los márgenes principales del rift y a su proximidad a estructuras secundarias sinsedimentarias con orientaciones diferentes.

Referencias Bibliográficas

De Vicente, G., Vegas, R., Muñoz-Martín, A., Silva, P.G., Andriessen, P., Cloetingh, S., González-Casado, J.M., Van Wees, J.D., Álvarez, J., Carbó, A., Olaiz, A. (2007): Cenozoic thick-skinned and topography evolution of the Spanish Central System. *Glob. Planet. Change* 58, 335-381.

Sopeña, A., Sánchez-Moya, Y. (1997): Tectonic systems tract and depositional architecture of the western border of the Triassic Iberian Trough (central Spain). *Sedimentary Geology*, 113; 245-267.

RECONSTRUCCIÓN DEL PAISAJE VEGETAL DE TERUEL: CALIBRACIÓN DE LA RELACIÓN POLEN-VEGETACIÓN PARA MEJORAR LA INTERPRETACIÓN DEL REGISTRO PALEOCLIMÁTICO.

Eduardo García-Prieto Fronce. IPE-CSIC

Instituto Pirenaico de Ecología-Consejo Superior de Investigaciones Científicas
eduardogpf@ipe.csic.es

Nuestro objetivo es analizar las pautas paleoecológica y procesos de cambio vegetal en el nordeste peninsular durante el Pleistoceno Superior y Holoceno. Para ello, se recurre al estudio palinológico en alta resolución temporal del registro sedimentario de la laguna de El Cañizar de Villarquemado (Teruel), una secuencia extraordinaria que alcanza los 74 m de profundidad y recoge los últimos 135.000 años de cambio ambiental (González-Sampériz et al. 2013).

La vegetación durante los dos últimos interglaciales (Eemiense-Holoceno) es diferente, Hace 120.000 años predominaban los sabinares, sin embargo las respuestas de la vegetación a la variabilidad climática rápida del Atlántico Norte durante la última glaciación (eventos de Heinrich, ciclos de Dansgaard-Oeschger) cambió a pinares predominantes y los sabinares nunca más recuperaron su dominancia. Cuando vuelven de nuevo condiciones interglaciares en el Holoceno medio se aprecia la expansión de encinares (Aranbarri et al. 2014).

Para comprender mejor las relaciones clima-vegetación, y sobretodo la relación cobertura de vegetación-polen producido se ha procedido a la monitorización de la lluvia polínica mediante captadores polínicos repartidos por las distintas formaciones vegetales, y a la medición de la cobertura de vegetación para mediante una serie de modelos iterativos de la dispersión del polen, averiguar la productividad polínica relativa de los taxones más importantes, y entender e interpretar mejor la información que aporta el registro de polen fósil (Bunting et al. 2013). *Pinus* en esta región es 4 veces más productor que *Quercus*, y este a su vez 10 veces más productor que *Juniperus*. Por lo que las sobrestimaciones y subestimaciones de extensión arbórea deberán ser consideradas en la interpretación.

- Aranbarri J, González-Sampéiz P, Valero-Garcés B, Moreno A, Gil-Romera G, Sevilla-Callejo M. Rapid climatic changes and resilient vegetation during the Lateglacial and Holocene in a continental region of south-western Europe. *Global and Planetary Change*. Volume 114, March 2014, Pages 50–65

- Bunting MJ, Farrell M, Broström A, Hjelle KL, Mazier F, Middleton R. Palynological perspectives on vegetation survey: a critical step for model-based reconstruction of Quaternary land cover. *Quaternary Science Reviews*. 15 de diciembre de 2013;82:41-55.

- González-Sampéiz P, Garcia-Prieto E, Aranbarri J, Andrade A, Carrión JS, Gil-Romera G.. Paleoenvironmental reconstruction of the last glacial cycle in the continental Iberia: The Cañizar de Villarquemado sequence (Teruel). *Reconstrucción paleoambiental del último ciclo glacial-interglacial en la iberia continental: La secuencia del Cañizar de Villarquemado (Teruel)*. Cuadernos de Investigación Geografica 39: 49- 76 (2013).

Héctor Gil Garbí

Departamento Ciencias de la Tierra,
Facultad de Ciencias,
Universidad de Zaragoza.
hecgilgarbi@gmail.com

El paso de la cuenca del Ebro a un régimen exorreico durante el Mioceno medio-superior (García Castellanos et al., 2003) favoreció la generación de una amplia red de drenaje a la que se asocia el desarrollo de distintos niveles de terrazas y glacis. La presencia en la zona central de la cuenca de un substrato evaporítico de edad Neógeno ha favorecido el desarrollo de procesos kársticos, que han actuado durante todo el Cuaternario afectando a los materiales detríticos de esta edad.

Los estudios multidisciplinarios enmarcados en mi proyecto de tesis pretenden realizar un análisis integrado de los depósitos de terraza del río Ebro determinando su arquitectura sedimentaria, evolución y su relación con el paleokarst. Los últimos estudios se han llevado a cabo en una cantera de extracción de áridos situada en el nivel de terraza más antiguo, aguas abajo de la ciudad de Zaragoza (T8 según Soriano, 1990), que presentan una altura relativa de 204-207 m sobre el cauce actual del río Ebro. En esta cantera se han identificado diferentes litofacias y unidades sedimentarias. Se ha constatado una variación en la distribución de los ambientes sedimentarios en el tiempo así como la influencia del karst en la arquitectura estratigráfica. Además todos estos estudios ayudan a entender cómo se produjo el engrosamiento de los niveles de terraza (Gil et al., 2013).

Se reconocieron diferentes facies de gravas, arenas y lutitas que integran 9 elementos arquitectónicos. De base a techo de la cantera se han definido 5 unidades sedimentarias teniendo en cuenta sus características sedimentológicas y la existencia de discordancias. En estas unidades se observa una interacción entre procesos fluviales, eólicos y aluviales. Los cambios en el sistema parecen haber estado controlados por la disponibilidad de agua en el medio.

El engrosamiento de las unidades así como su buzamiento permiten reconocer 3 depocentros principales. Además, se observan numerosas paleodolinas de menor escala que los anteriores y antiguos conductos kársticos. Esto junto al contexto geológico de la zona sugieren un origen kárstico de los depocentros.

En los depocentros se observa: 1) un mayor espesor de las unidades sedimentarias, 2) engrosamiento y basculamiento de elementos arquitectónicos como canales y barras de grava, 3) mayor presencia de facies de arenas y lutitas.

Estas observaciones indicarían que la actividad kárstica produjo la aparición de zonas subsidentes que favorecieron una mayor tasa de sedimentación y engrosamiento de las unidades fluviales y aluviales. En periodos con nivel freático alto el encharcamiento de estas depresiones generaría zonas palustres y lacustres y la acumulación de lutitas. Además, estas zonas deprimidas favorecieron la acumulación y conservación de arenas eólicas en periodos de nivel freático bajo.

La presencia de depocentros, el espesor variable de las unidades y las discordancias revelan que el engrosamiento de los niveles de terraza no fue uniforme sino que estuvo controlado por actuación diacrónica de áreas subsidentes.

Finalmente, para controlar la disposición de las unidades y su espesor se realizaron 5 perfiles de tomografía eléctrica que ratifican la morfología sinforme de los depocentros en profundidad y el engrosamiento de las unidades sedimentarias en los mismos.

Referencias Bibliográficas

Gil, H., Luzón, A., Soriano, M.A., Casado, I., Pérez, A., Yuste, A., Pueyo, E., Pocoví A. 2013.

Stratigraphic architecture of alluvial–aeolian systems developed on active karst terrains: An Early Pleistocene example from the Ebro Basin (NE Spain). *Sedimentary Geology* 296, 122-141.

García-Castellanos, D.J., Vergés, J.M., Gaspar-Escribano, J., Cloetingh, S. 2003. Interplay between tectonics, climate and fluvial transport during the Cenozoic evolution of the Ebro Basin (NE Iberia). *J. Geophys. Res.* 108 (B7), 2347.

Soriano, M.A., 1990. *Geomorfología del sector centro-meridional de la Depresión del Ebro*. Zaragoza. Diputación Provincial de Zaragoza, Zaragoza.

Álvaro González^{1,2}, Sebastian Heimann², Rongjiang Wang²,
Simone Cesca^{2,3} y Torsten Dahm²

- 1.- GFZ German Research Centre for Geosciences, Section 2.1 – Physics of Earthquakes and Volcanoes. Helmholtzstraße 7, 14467 Potsdam, Alemania.
- 2.- Universidad de Zaragoza, Departamento de Ciencias de la Tierra. Pedro Cerbuna, 12, 50009 Zaragoza, España.
- 3.-Universität Potsdam, Institute of Earth and Environmental Science. Karl-Liebknecht-Straße 24-25, 14476 Potsdam, Alemania.

alvaro.gonzalez@unizar.es

El 15 de febrero de 2013, en la región de Cheliábinsk (Rusia), un meteoro con un brillo aparente superior al del Sol produjo una poderosa onda de choque, que causó un daño sin precedentes a personas y propiedades. En más de 7300 edificios las ventanas sufrieron destrozos, y más de 1600 personas resultaron heridas de consideración por la caída de vidrios y escombros. Algunas incluso sufrieron quemaduras en la piel.

El meteorose produjo por la entrada en la atmósfera de un asteroide rocoso de unos 19 metros de diámetro, viajando a 19 km/s con respecto a la superficie de la Tierra. Miles de meteoritos resistieron la entrada atmosférica y cayeron al suelo, pero sus impactos fueron demasiado pequeños como para causar ninguna sacudida sísmica detectable a distancias regionales. Sin embargo, el meteoro produjo la mayor señal de infrasonido jamás registrada, y un destacable temblor sísmico, que describimos y analizamos en este trabajo.

Este temblor del suelo se registró en sismómetros situados hasta, al menos, 4000 kilómetros de distancia. Está dominado por ondas superficiales de tipo Rayleigh, generadas cuando la onda de choque del meteoro golpeó el terreno y lo hizo vibrar. Mientras que la onda de choque se propagó por la atmósfera a velocidad sónica (unos 0.3 km/s), esas ondas superficiales, una vez generadas, se propagaron por el interior de la Tierra mucho más rápidamente (hasta 3.9 km/s). Así, en los registros sísmicos, éstas fueron las primeras en llegar, seguidas, mucho más tardíamente, por la vibración infrasónica causada por la llegada directa de la onda de choque atmosférica.

Mediante una simulación numérica (Heimann *et al.*, 2013), pudimos reproducir detalladamente las ondas Rayleigh observadas, suponiendo, por simplicidad, que estaban causadas por una explosión atmosférica isotropa. Ello nos permitió localizar con precisión dónde se produjo la explosión terminal del meteoro, al SW de la ciudad de Cheliábinsk, y a una altitud de unos 23 km, en la estratosfera. Tales explosiones se desencadenan cuando la presión dinámica ejercida por la atmósfera excede la resistencia interna del meteorode. Están acompañadas por un aumento súbito en la luminosidad del meteoro (una llamarada), puesto que implican un brusco incremento del área superficial de los fragmentos que son sometidos a ablación.

Estimamos una trayectoria preliminar del meteoro, empleando datos desclasificados de satélites espía estadounidenses, y localizando en una imagen por satélite de alta resolución el cráter (de seis metros de diámetro, en un lago helado) causado por el mayor meteorito. Por último confirmamos nuestra localización calculada para la explosión mediante un vídeo grabado cerca de ella. En él, el desfase temporal entre la llamarada principal y la llegada de la onda de choque al suelo coincide con el esperado en nuestra simulación.

Finalmente, medimos que esta explosión tuvo una magnitud sísmica equivalente de 3.60. Tal valor implica que este meteoro es el segundo mayor jamás registrado sísmicamente, tras el de Tunguska de 1908.

Referencias Bibliográficas

Heimann, S.; González, Á.; Wang, R.; Cesca, S. & Dahm, T. (2013) Seismic characterization of the Chelyabinsk meteor's terminal explosion. *Seismological Research Letters*, 84, 1021–1025.

LA MODELIZACIÓN ANALÓGICA A ESCALA LITOSFÉRICA: INFLUENCIA DEL ESPESOR DE LA LITOSFERA EN LA GEOMETRÍA DE LOS ORÓGENOS DE COLISIÓN

Esther Izquierdo-Llavall
estheriz@unizar.es

La geometría de orógenos como el Pirineo, el Himalaya o los Zagros está en gran medida condicionada por las características y la configuración original de las placas litosféricas involucradas en el proceso de colisión (geometría del límite de placas, espesor y rigidez de las placas, presencia de estructuras heredadas de procesos anteriores, etc.). Los modelos analógicos de escala litosférica permiten reproducir o simular procesos de colisión a escala de laboratorio y facilitan el análisis detallado de la influencia de diferentes parámetros (tales como la velocidad de colisión, el ángulo entre el límite de placas y la dirección de compresión, el espesor de las placas o la presencia de inhomogeneidades a escala cortical) en la geometría y evolución de las cadenas montañosas.

Con objeto de analizar las causas de la geometría del Pirineo a gran escala, han sido elaborados un total de 10 modelos analógicos litosféricos. El Pirineo es resultado de la colisión entre las placas Ibérica y Europea durante el final del Cretácico y el Terciario. El choque de estas dos placas produjo el desarrollo de un orógeno de doble vergencia, con cabalgamientos que afectan a la corteza superior, mientras el acortamiento en niveles inferiores fue acomodado mediante la subducción de la corteza inferior y el manto litosférico Ibérico por debajo de la placa Europea. La placa Europea es, en términos generales, más rígida, y está formada por litosfera continental en el Pirineo istmico y litosfera oceánica en la zona del Golfo de Vizcaya. La transición entre ambas está asociada con una disminución del espesor de la corteza continental hacia el Oeste. Para investigar la influencia que esta variación de espesor tiene en la geometría a escala regional de la cadena se diseñó un dispositivo experimental, físicamente dimensionado, que consta de dos placas de silicona sobre un nivel de jarabe de glucosa. Las placas de silicona simulan la litosfera: una de ellas es simple, formada por una única placa de silicona que representa la litosfera europea, mientras la otra es compuesta, formada por dos placas de silicona que representan la corteza superior y el manto litosférico ibéricos, separadas por un nivel dúctil intermedio que es análogo de la corteza inferior. Ambas placas (la Europea y la Ibérica) reposan sobre un nivel inferior de jarabe de glucosa que simula el manto y permite la “subducción” del manto litosférico ibérico por debajo de la placa Europea. La colisión entre ambas placas se lleva a cabo mediante una placa rígida de madera (backstop) que está conectada a un motor y empuja la placa Europea a una velocidad constante de 6mm/min. En todos los modelos realizados se mantuvo la misma velocidad y dirección de compresión y la misma configuración y espesor de la placa Ibérica, con objeto de analizar de forma independiente un único parámetro: el espesor y geometría de la placa Europea. En este sentido fueron diseñadas tres series de experimentos: (1) una primera serie en la que la placa Europea presenta un espesor constante, (2) una segunda serie en la que Europa muestra una disminución lateral progresiva de espesor y (3) una tercera serie en la que la placa Europea presenta un cambio brusco de potencia, simulado a partir de dos sub-placas de diferente espesor unidas.

El choque entre las placas de silicona produce una deformación que se concentra preferentemente en el límite entre ambas. En la primera serie se obtienen “cadenas de colisión” cilíndricas, con estructuras que son continuas a lo largo del margen de placas y perpendiculares a la dirección de compresión. Sin embargo, en la segunda y tercera serie, los modelos muestran claras variaciones longitudinales asociadas a estructuras curvadas y no cilíndricas, que en ciertos experimentos acaban lateralmente, y que son oblicuas respecto a la dirección de compresión. El estudio detallado de la topografía obtenida en los modelos indica que cuando la placa europea es

más gruesa, se obtienen relieves positivos mayores y “cadenas montañosas” más anchas. La comparación entre los modelos analógicos y el orógeno Pirenaico revela numerosas analogías y pone de manifiesto que la variación lateral en la relación de espesores Europa-Iberia fue posiblemente un factor de primer orden en la evolución y configuración geométrica del Pirineo.

CAMBIOS PALEOAMBIENTALES BASADOS EN FORAMINÍFEROS PLANCTÓNICOS DEL TETIS DURANTE EL TRÁNSITO EOCENO-OLIGOCENO

Alba Legarda-Lisarri^{1*}, Eustoquio Molina¹, Ignacio Arenillas¹ & Maria Auxilio Esparza-Alvarez²

¹ Dpto. Ciencias de la Tierra-IUCA, Facultad de Ciencias, Universidad de Zaragoza, 50009 Zaragoza (España).

² Universidad del Mar, Campus Puerto Ángel, 70902, Oaxaca (México).

*legarda.geo@gmail.com

En el límite Eoceno/Oligoceno (33.9 m.a.) se produjo un evento de enfriamiento que dio lugar a una extinción masiva. Este evento puede ser bien estudiado en el Tetis, ya que los mares interiores pueden registrar señales de gran amplitud de los cambios climáticos y oceanográficos. El presente estudio de alta resolución pretende reconstruir las condiciones ambientales de las aguas del Tetis occidental basado en los cambios de las asociaciones de foraminíferos planctónicos, cuya distribución espacial está determinada por diferentes factores ambientales. Para ello, se analizaron de forma cualitativa y cuantitativa la estructura de las asociaciones registradas en los sedimentos hemipelágicos de la sección de Fuente Caldera, situada en las Cordilleras Béticas (Tetis occidental). Se estudiaron 23 muestras de un intervalo de aproximadamente 100.000 años. Se aplicó un análisis factorial a la matriz de abundancias relativas de los foraminíferos con el propósito de averiguar la estructura subyacente entre las variables del análisis y realizar una interpretación paleoambiental utilizando los patrones de variabilidad de las asociaciones. Estos patrones fueron definidos a través de las especies con mayor puntuación factorial en cada factor, como criterio para determinar condiciones paleoceanográficas (Pearson *et al.* 2006). Se identificaron 27 especies, correspondientes a 13 géneros y 2 familias de foraminíferos planctónicos. En el intervalo estratigráfico estudiado se identificaron la Biozona E16 y la Biozona O1 de Pearson *et al.* (2006).

A partir de las afinidades ecológicas de las especies que caracterizan a cada uno de los factores, se sugiere que el área estudiada ha experimentado fluctuaciones climáticas, y se reconocen cinco periodos paleoclimáticos. Los 4 factores extraídos explican el 79.31% de la varianza total de los datos y sugieren las siguientes características de las masas de agua: (F1) aguas templadas a frías y subsuperficiales, caracterizadas por especies de aguas intermedias-profundas y de latitudes medias; (F2) aguas frías y superficiales, caracterizadas por especies cosmopolitas y de latitudes medias; (F3) aguas cálidas a templadas y superficiales, caracterizadas por especies de latitudes medias a bajas; y (F4) aguas cálidas y superficiales caracterizadas por especies subtropicales.

Los cinco periodos paleoclimáticos son: 1º) intervalo 60-90 cm, caracterizado por el F4 que indica aporte de aguas superficiales cálidas; 2º) intervalo 80-140 cm, caracterizado por F3 que indica aguas más templadas, con respecto al periodo anterior; 3º) intervalo 130-210 cm, caracterizado por F1, que indica aporte de masas de agua más frías y subsuperficiales probablemente de fuera de la cuenca con un pequeño evento al final del mismo caracterizado por F3 de aporte de aguas más templadas, similares a las del periodo anterior; 4º) intervalo 200-250 cm, caracterizado por F1 que indica incursión significativa de aguas frías y sub-superficiales; y 5º) intervalo 240-300 cm, caracterizado por F2 que indica aporte de aguas frías provenientes probablemente de latitudes más altas. Estos cambios paleoceanográficos se ven reflejados en la estructura de la comunidad analizada, que indica hacia el final del 1º periodo un primer evento de extinción que afecta a *Turborotalia cocoaensis* y *T. cunialensis*, de aguas cálidas. Al final del 4º se registra un segundo evento de extinción que afecta a *Hantkenina alabamensis*, *H. brevispina*, *Cribohantkenina lazzarü* y *Pseudobastigerina micra*, también de aguas cálidas. En el inicio del 5º se produce una pequeña radiación evolutiva, con la aparición de *Globigerina officinalis*, *Globoturborotalita anguliofficialis* y *Tenuitellinata angustumbilicata*, de aguas frías.

Referencias Bibliográficas

Pearson, P. N., Olsson, R. K., Huber, B. T., Hemleben, C. & Berggren, A. (Eds). (2006). Atlas of Eocene planktonic foraminifera. Cushman Foundation for Foraminiferal Research, Special Publication, 41, 1-513

CARACTERIZACIÓN Y DATACIÓN DEL FINAL DEL RELLENO ENDORREICO EN LA CUENCA DE TERUEL

Lope Ezquerro

Facultad de Ciencias, Universidad de Zaragoza
lope@unizar.es

Las fosas de Teruel y Jiloca son dos depresiones con orientaciones NNE-SSW y NNW-SSE respectivamente, situadas en la parte central de la Cordillera Ibérica. Ambas fosas se articulan desde el Plioceno Superior a través de un escalón estructural generado por la actividad de la falla de Concud (NW-SE). El sector del bloque superior presenta una subsidencia tectónica acumulada de 290-300 m que favorece el desarrollo, desde el inicio de la actividad extensional de la falla de Concud (finales del Rusciniense; 3,6 Ma), de una cubeta residual endorreica con sedimentación lacustre-palustre con influencia aluvial distal, mientras la sedimentación se interrumpía en el bloque inferior. Nuevos datos sedimentológicos, magnetoestratigráficos e isotópicos ($\delta^{18}\text{O}/\delta^{13}\text{C}$), procedentes de un sondeo realizado en dicha cubeta residual de Teruel han permitido avanzar en el conocimiento del contexto paleogeográfico, hidrológico y estructural de las cuencas durante el Pleistoceno Inferior.

A partir de datos sedimentológicos y paleontológicos se ha revisado la relación entre la cubeta residual de Teruel y la unidad de glaciés villafranquienses, así como la interpretación del paso endorreísmo al exorreísmo. El contacto de los glaciés con la unidad inferior no presenta una fuerte erosión, esperable como respuesta a una bajada brusca del nivel de base por una captura exorreica, se disponen prácticamente concordantes con los depósitos infrayacentes y sus zonas distales se interdigitan con facies palustres. En función de los datos paleontológicos, la sedimentación sintectónica palustre de las cubetas continuó hasta el inicio del Pleistoceno Inferior (Villafranquiense superior, MN 17), lo que implica su contemporaneidad con los sistemas aluviales que representan los glaciés villafranquienses. El sistema palustre probablemente constituía en aquel momento el nivel de base local del sistema aluvial del *glaciés villafranquiense* de Gea, que no se hallaría aún conectado a la red de drenaje externa (Ezquerro *et al.*, 2012).

Los resultados magnetoestratigráficos ahora obtenidos a partir de una serie de 68 m de depósitos sintectónicos compuesta de datos de un sondeo y superficiales indican que la sedimentación en la cubeta residual de Teruel comenzó en torno al cambio de crones C2Ar-C2An (Gilbert-Matuyama, 3,6 Ma) y persistió hasta el inicio del Pleistoceno registrando el cron C2n (Olduvai; 1,7-1,9 Ma), una edad más moderna de la supuesta hasta ahora. A partir de esta serie estratigráfica y basándonos en las ideas de autores previos (Talbot, 1990; Leng y Marshall, 2004) se han caracterizado los datos isotópicos ($\delta^{18}\text{O}/\delta^{13}\text{C}$) de los sedimentos palustres correspondientes a ese periodo. Representado el gráfico de covarianza de los datos de $\delta^{18}\text{O}$ frente $\delta^{13}\text{C}$, se ha interpretado que la cubeta residual de Teruel presentó un sistema palustre-lacustre cerrado de aguas dulces, de poca profundidad frente a su mayor extensión superficial.

Estos resultados permiten concluir que el régimen endorreico en la cuenca de Teruel perduró más en el tiempo de lo anteriormente considerado y que el cambio del endorreísmo al exorreísmo en el centro y norte de la cuenca no estuvo ligado al depósito de los glaciés villafranquienses. Este cambio se habría producido por tanto algo más tarde dentro del Pleistoceno Inferior (1,7-1,9 Ma), en un periodo posterior al considerado hasta ahora.

Referencias Bibliográficas

Ezquerro, L., Lafuente, P., Pesquero, M.D., Alcalá, L., Arlegui, L.E., Liesa, C.L., Luque, L., Rodríguez-Pascua, M.A. y Simón, J.L. (2012). Una cubeta endorreica residual del Pleistoceno inferior en la zona de relevo entre las fallas neógenas de Concud y Teruel, Cordillera Ibérica: implicaciones paleogeográficas. *Rev. Soc. Geol. España*, 25, 157-175

Leng, M.J. y Marshall, J.D. (2004). Palaeoclimate interpretation of stable isotope data from lake sediment archives. *Quaternary Science Reviews*, 23, 811-831.

Talbot, M.R. (1990). A review of the palaeohydrological interpretation of carbon and oxygen isotopic ratios in primary lacustrine carbonates. *Chemical Geology (Isotope Geoscience Section)*, 80, 261-279.

HIDROGEOQUÍMICA EN UNA CUENCA EN REGADÍO: APROXIMACIÓN MEDIANTE MÉTODOS MULTIVARIABLES

Daniel Merchán Elena

Instituto Geológico y Minero de España, Unidad de Zaragoza,
d.merchan@igme.es

Entre los principales problemas ambientales asociados con la agricultura de regadío, la salinización y la contaminación por nitratos de las masas de agua receptoras de los retornos de riego tienen especial interés en la cuenca del Ebro (CHE, 2006). Estos procesos dependen del clima, del medio físico y del manejo agronómico, pero en ocasiones puede ser difícil diferenciar los factores más importantes. El objetivo de este trabajo fue determinar los procesos que condicionan la calidad del agua en los retornos de riego de un regadío representativo de la cuenca del Ebro.

La zona de estudio es la cuenca hidrológica del barranco de Lerma (Ejea de los Caballeros, Zaragoza), ubicada en la margen izquierda del Ebro y perteneciente al sistema de riegos de Bardenas. Con unos 7,3 km², la geología de la cuenca está compuesta por una alternancia de margas y arcillas del Terciario (64% de su superficie) sobre las que se superponen, de forma discordante, unos glaciares Cuaternarios (36%), compuestos por gravas de matriz areno-arcillosa. Las mejores características agronómicas de los suelos desarrollados en los materiales Cuaternarios propician que la superficie agrícola se sitúe preferentemente sobre éstos. Así mismo, se desarrollan unidades acuíferas aisladas en los materiales Cuaternarios por la mayor permeabilidad de estos frente a los materiales Terciarios. Estos acuíferos alimentan una red de barrancos que discurren sobre los materiales Terciarios.

Para este trabajo, se muestrearon las aguas subterráneas y superficiales en cuatro campañas que abarcaron dos temporadas sin riego y dos temporadas con riego en los años 2011 y 2012. Así mismo, se tomaron muestras de los suelos tanto en los materiales Terciarios como en los Cuaternarios, tanto en suelos agrícolas como en suelos no agrícolas. La base de datos obtenida se procesó mediante dos métodos estadísticos multivariantes, Análisis de Componentes Principales y Análisis Jerárquico de Conglomerados.

Los suelos muestreados en los materiales Terciarios presentaron mayor salinidad que los de los materiales Cuaternarios. Las aguas presentaron una evolución de facies hidroquímica de bicarbonatada cálcico-magnésica en las aguas de precipitación y riego a cloruladas sódicas en las aguas superficiales. La disolución de yeso y halita justifica en gran medida la evolución geoquímica de las aguas.

El análisis multivariable reveló que el enriquecimiento en sales y la contaminación por nitratos están controlados por procesos independientes, y que existen claras diferencias entre la química de las aguas subterráneas (alto nitrato, controlado por el uso del suelo) y superficiales (alta salinidad, controlada por el medio físico).

Esto implica la necesidad de diferentes medidas para prevenir/corregir estos problemas ambientales. La salinización aparece como un proceso natural con poca remediación posible mientras que la contaminación por nitratos tiene origen antrópico y está controlada por el uso del suelo.

Por último, la información generada a lo largo del estudio se incorporó en un modelo geoquímico que resultó coherente con las observaciones realizadas.

Referencias Bibliográficas

CHE -Confederación Hidrográfica del Ebro- (2006). Control de los retornos de las actividades agrarias de la cuenca del Ebro: evaluación de tendencias en la calidad del agua, control experimental de los retornos y propuesta de red de control. Disponible en: www.chebro.es [consultado el 30 de abril de 2014].

MODELIZACIÓN 3D DEL AFLORAMIENTO DE ALIAGA: DE LA GEOLOGÍA A LA PETROFÍSICA (3D MODELLING OF ALIAGA OUTCROP, A STUDY FROM GEOLOGY TO PETROPHYSICS MODELLING)

Fernanda de Mesquita L. Veloso

Area Estratigrafía, Departamento Ciencias de la Tierra,
Facultad de Ciencias, Universidad de Zaragoza
fe_geo@hotmail.com

Geological models from outcrop allow studying detailed geological information that is difficult to be integrated in classical reservoir modelling. The aim of this study is the modelling of sandstones layers of a mixed-siliciclastic carbonate deposit to investigate the impact of sedimentary sandy facies heterogeneity on its hydrodynamic properties. The 2D sedimentary profile is oriented N-S and has 210 m in length and 32 m of height. Sandstones layers are located in the top and base of profile. These sediments have been interpreted as fluvial deposits, nevertheless the study zone showed a period of sedimentation with high marine influence.

From mapping of sandstone layer contact with its boundaries layers, surfaces were made in E-W direction using an algorithm of convergence interpolation. These surfaces were used to construct the 3D dimension of 2D profile, thus a 3D grid was built in i-j-k directions, where: i is the width of model (E-W or X direction); j is the length (N-S or Y direction); k is the thickness (Z direction). The final grid has 2 620 800 3D cells, with 80 x 420 x 78 cells in i,j, and k directions respectively. The zones 1 and 6 have a high resolution with a great number of cells because they correspond to the both layers of sandstone. Zone 1 corresponds to the inlet sandstone and is located at the top of profile. Zone 6 corresponds to the tsunami sandstone, located at the base of profile. The zone between zones 1 and 6 corresponds to a thicker intercalation of shales, marls and carbonate deposits; these sediments correspond to the deposits of tidal mud flat and carbonate lagoon system respectively.

The sandy facies were classified by its grain size distribution and sorting, then six groups were defined. Petrophysical data came from 51 samples took along sandstones layers each 2-5 meters; ticker areas were plugged at the base, middle and top of layer.

The distribution of facies in the grid was made by an algorithm called Sequential Indicator Simulation (SIS) where distribution is conditioned by directional variogram for each facies. The petrophysical modelling was based on measured permeability and porosity of samples. Porosity (Phi) distribution was conditioned by facies and distribution histogram of measured values. Horizontal permeability (Kh) was modelled from Phi vs Kh cross plots while vertical permeability (Kv) was modelled as function of horizontal permeability due to its isotropic behaviour.

The frequency of modelled facies is closed to frequency of observed samples after some improvement on variograms. For both modelled petrophysical properties (Phi and K) the difference between them and modelled values is much lower than for modelled facies.

Referencias Bibliográficas

Navarrete, R., Rodríguez-López, J.P., Liesa, C.L., Soria, A.R., Veloso, F.M.L. (2013) - Changing physiography of rift basins as control on the evolution of mixed siliciclastic-carbonate back-barrier systems (Barremian Iberian Basin, Spain). *Sedimentary Geology*, 289, 40-61.

Veloso, F.M.L., Navarrete, R., Soria, A.R. y Meléndez Hevia, M.N. (2012). Estudio de afloramiento de escala intermedia como almacén geológico (Aliaga, provincia de Teruel). En: Garcia-Hidalgo, J.F. ; Gil; Barroso, F. y Diaz de Neira, J.A. (Eds.). *V Congreso Cretácico de España*, pp. 136-139.

PRIMEROS DATOS SOBRE LA FLORA TERCIARIA DEL YACIMIENTO DE LA VAL (OLIGOCENO SUPERIOR MIOCENO INFERIOR) DE ESTADILLA (HUESCA, ESPAÑA).

Rafael Moreno Domínguez

Área de Paleontología, Departamento de Ciencias de la Tierra,
Universidad de Zaragoza, 50.009 Zaragoza, España.
Noctubre7@gmail.com

En la actualidad se conocen en la Península Ibérica dos yacimientos con macroflora del Oligoceno superior-Mioceno inferior (Barrón et al. 2010): Izarra, en la provincia de Álava (Fernández-Marrón et al. 1979), y As Pontes de García Rodríguez, en la provincia de La Coruña (López-Martínez et al. 1993). Aparte de estos, algunos trabajos (Barrón & Santos 1998) plantean la posible existencia de varios yacimientos más de edad similar en las Cuencas Terciarias de Galicia (NO España) como Meirama y Boimorto en La Coruña y Orros en Orense. El nuevo yacimiento de «La Val» es una contribución a la flora del Cenozoico de la Península Ibérica. El yacimiento está situado en la parte oriental del flanco norte del anticlinal de Barbastro, localizado en el área septentrional de la Cuenca del Ebro. Las plantas fósiles del yacimiento de «La Val» pertenecen a la Formación Sariñena definida por Quirantes (1978). Litológicamente están formados por una alternancia de areniscas y lutitas, y son interpretados como medios sedimentarios correspondientes a abanicos aluviales. Se le asigna a esta formación una edad Oligoceno superior-Mioceno inferior (Álvarez-Sierra et al. 1990; Agustí et al. 1994).

De la sucesión estratigráfica levantada se reconoce una alternancia litológica de areniscas y lutitas. Estos depósitos se asocian a la parte distal de un abanico aluvial. Desde el punto de vista tafonómico, el grado de preservación es variable, predominando las impresiones en los niveles de litología arenosa frente a las compresiones carbonosas de los lutíticos. La mayoría de los restos corresponden a fragmentos de hojas enteras junto con fragmentos de madera; pero estos últimos no mantienen la estructura interna. Junto a este conjunto foliar se han encontrado dos inflorescencias y varias semillas. La mayoría de los macrorrestos recolectados presentan numerosas interacciones planta-insecto. Estas interacciones corresponden a marcas de herbivorismo. Se ha identificado el material correspondiente a los grupos (Moreno-Domínguez et al. enviado): Dennstaedtiaceae (*Pteridium* aff. *Pteridium aquilinum*), Pteridaceae (*Acrostichum lanzaeanum*), Equisetaceae (*Equisetum parlatorii*), Pinaceae (aff. *Pinus* sp.), Lauraceae, Hamamelidaceae (cf. *Parrotia* sp.), Betulaceae (*Alnus* sp.), Myricaceae (*Myrica* sp.) y Salicaceae (*Salix* cf. *S. varians*). Los restos más abundantes pertenecen a las familias Betulaceae y Lauraceae. A partir de los datos existentes, tanto sedimentológicos como paleobotánicos, podemos deducir la existencia de un bosque de ribera que se desarrollaba en las proximidades de los cursos de agua, temporales o permanentes. Este bosque estaba formado fundamentalmente por distintas especies del género *Alnus*, que constituían el sustrato arbóreo, mientras que *Myrica* y *Salix* formaban el sustrato arbustivo; en las orillas de los cursos de agua o zonas encharcadas vivían distintas especies de helechos. Este bosque ribereño pasaba lateralmente a un bosque mesofítico formado principalmente por árboles de betuláceas y lauráceas, éstas últimas constituían el nivel arbustivo. Más allá del bosque mesofítico se daba paso a un bosque de montaña (*Pinus*). La presencia y abundancia de lauráceas indica la existencia de un clima subtropical, lluvioso y húmedo.

Referencias Bibliográficas

Agustí, J., Barberá, X., Cabrera, L., Paré, J.M. & Llenas, M. (1994). Magneto- biostratigraphy of the Oligocene-Miocene transition in the Ebro Basin (Eastern Spain): state of the art. *Münchner Geo-wissenschaftliche Abhandlungen. Reihe A*, 26, 161-172.

Álvarez-Sierra, M.A., Daams, R., Lacomba, J.L., López-Martínez, N., Van der Meulen, A.J., Sesé, C. & De Visser, J. (1990). Paleontology and Biostratigraphy (micromammals) of the continental Oligocene-Miocene deposits of the North-Central Ebro Basin (Huesca, Spain). *Scripta Geologica*, 94, 1-77.

Barrón, E. & Santos, L. (1998). Síntesis paleobotánica crítica de las cuencas Terciarias de Galicia (España). *Coloquios de Paleontología*, 49, 41-53.

Barrón, E., Rivas, R., Postigo, J.M., Alcal-de, C., Vieira, M., Castro, L., Pais, J. & Valle-Hernández, M. (2010). The Cenozoic vegetation of the Iberian Peninsula: A synthesis. Review of Palaeobotany and Palynology, 162 (3), 382-402.

Fernández-Marrón, M^a.T^a., Olivé, A., Del Olmo, P. & Portero, J.M. (1979). La flora terciaria del yacimiento de Izarra (Álava) y sus implicaciones cronoestratigráficas. *Boletín Geológico y Minero*, 90 (1), 6-12.

López-Martínez, N., Fernández-Marrón, M^a.T^a., Peláez, P. & De La Peña, A. (1993). Estudio paleontológico en las cuencas terciarias de Galicia. *Revista de la Sociedad Geológica de España*, 6 (3-4), 19-28.

Moreno-Domínguez, R., Díez, J.B., Frédéric, M.B. Jaques & Ferrer, J. (enviado): First Macroflora data from "La Val" (late Oligocene-early Miocene) Estadilla, (Huesca, Spain). *Historical Biology*.

Quirantes, J. (1978). Estudio sedimentológico y estratigráfico del Terciario continental de los Monegros. Tesis doctoral, Universidad de Zaragoza, Instituto Fernando el Católico, (CSIC), 207 p.

DRONES: UNA NUEVA HERRAMIENTA PARA EL ESTUDIO DE CUERPOS SEDIMENTARIOS

Rocío Navarrete Gutiérrez

Área de Estratigrafía,
Departamento Ciencias de la Tierra,
Facultad de Ciencias, Universidad de Zaragoza
rocionav@unizar.es

El estudio de la arquitectura estratigráfica de los cuerpos sedimentarios de la Formación Camarillas (Barremiense), en la subcuenca de Galve, es en ocasiones una tarea complicada. La dificultad se debe en primer lugar al alto buzamiento de las capas, en ocasiones $>70^\circ$, a lo que hay que sumar, la gran longitud de determinados cuerpos sedimentarios, hasta 10 km, y el alto espesor (10-15 m), dificultando así el estudio convencional de la arquitectura estratigráfica. Dados estos problemas, se ha utilizado una nueva herramienta en geología, que consiste en una cámara fotográfica suspendida en un dron con la que se pueden realizar fotografías aéreas de alta resolución.

La estructura del dron es de fibra de carbono y funciona gracias a cuatro motores, con aspas de madera, sujetos a unas barras con *leds* de colores que permiten su control visual durante el vuelo. Tiene un GPS incorporado que permite que mantenga siempre la posición correctamente, incluso si hace viento. La plataforma donde se acopla la cámara presenta dos ejes que permiten la rotación completa de la misma y finalmente, las imágenes se transmiten como señal de video a una estación de tierra con una pantalla, donde se puede observar lo que ve la cámara y así elegir las fotos que se quieren realizar.

El modelo sedimentario de la Formación Camarillas realizado con el análisis estratigráfico y sedimentológico convencional, ha permitido dividir la formación en seis estadios. Los dos últimos han sido interpretados como un sistema isla-barrera *lagoon* (Navarrete *et al.*, 2013). Las fotografías realizadas con el dron, a los cuerpos sedimentarios de dichos estadios, que no podíamos estudiar adecuadamente por métodos convencionales, han permitido completar y mejorar el modelo sedimentario.

El estudio del cuerpo sedimentario de la Fig. 1., con fotografías del dron, muestra claramente su utilidad. Dicho cuerpo no se podía fotografiar en su totalidad en afloramiento, tanto por el alto buzamiento como por su potencia (10 m). En campo, se identifica un cuerpo de areniscas de grano fino-medio, con superficies internas que individualizan *sets* de estratificación cruzada con bidireccionalidad de la paleocorriente, interpretándolo en un principio como un depósito de isla-barrera. Con las imágenes del dron (Fig. 1), se ve como el cuerpo se divide en dos grandes cuerpos lenticulares, con base erosiva y techo convexo y a su vez éste se divide, en cuerpos progradantes hacia el S, los cuales son erosionados por otros de base canaliforme. Sobre éstos se sitúa un estrato lenticular, con abundante bioturbación continental. A partir de esta técnica, el cuerpo que era interpretado como perteneciente a un depósito de isla-barrera, se ha podido dividir en tres subambientes diferentes, los cuerpos progradantes pertenecerían al delta de flujo, el cual es erosionado por el canal del *inlet* y finalmente sobre él, se sitúan facies más someras pertenecientes al *foreshore*.

La fotografía aérea con dron ha permitido precisar el modelo sedimentario de la Formación Camarillas. En general, es una herramienta útil para el estudio de cuerpos sedimentarios complejos en altura, cuando las características del afloramiento, tales como altos buzamientos, longitud o espesor de los cuerpos, no permiten observar la arquitectura estratigráfica correctamente.

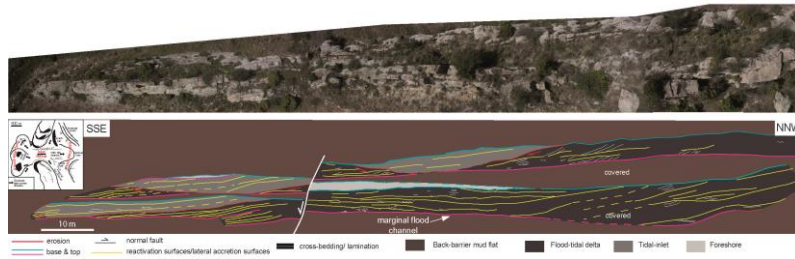


Fig. 1. Foto-mosaico de un cuerpo de areniscas, con abundantes superficies internas e interpretación de la arquitectura estratigráfica del cuerpo, en la que destaca la progradación hacia el SSE y las superficies erosivas.

Referencias Bibliográficas

Navarrete, R., Rodríguez-López, J.P., Liesa, C.L., Soria, A.R. and Veloso, F.M. (2013). Changing physiography of rift basins as a control on the evolution of mixed siliciclastic-carbonate back-barrier systems (Barremian Iberian Basin, Spain): *Sedimentary Geology*, 289, 40-61.

MODELIZACIÓN DE LA DINÁMICA ESPACIO-TEMPORAL DE LA REDISTRIBUCIÓN DEL SUELO EN UNA CUENCA PIRENAICA

Leticia Palazón Tabuenca
lpalazon@eead.csic.es

Estación Experimental de Aula Dei-CSIC
Dirección: Ana Navas Izquierdo

Desde hace décadas, la erosión se percibe como uno de los problemas ambientales más importantes del mundo. Ésta afecta a la pérdida de los recursos edáficos, la calidad de las aguas y, entre otros, a la disminución de la capacidad de embalsado. La erosión hídrica es especialmente importante en regiones de clima estacionalmente contrastado y sometido a fuerte presión humana, como los ambientes de montaña, representando un importante riesgo para la sostenibilidad a largo plazo de la agricultura y los ecosistemas en los que se desarrolla. Para realizar estudios de gestión medioambiental dirigidos a regular la erosión se requiere de su cuantificación para diferentes escalas y fuentes de sedimentos. Entre las diferentes técnicas de estudio de la erosión, se han producido importantes avances en las últimas décadas en la modelización de la erosión y redistribución del suelo con la simulación numérica mediante modelización dinámica distribuida y con radiotrazadores. La utilización de estos modelos nos permite conocer y cuantificar la erosión a escalas espaciales y temporales, que no se podrían estudiar con otras técnicas.

Dentro de este contexto se está estudiando la cuenca de drenaje del embalse de Barasona (1509 km²). Localizada en el Pirineo central español se extiende desde la zona Axial pirenaica, hasta las Sierras Exteriores. La importancia de este embalse como recurso hídrico, junto con sus problemas de aterramiento, han puesto en evidencia la necesidad de evaluar la producción de sedimentos que se originan en su cuenca.

Con este objetivo se están utilizando los siguientes métodos:

1.- El "*Soil and Water Assessment Tool*" (SWAT) es un modelo agro-hidrológico, semi-distribuido de base física, para la simulación en tiempo continuo y a largo plazo a escala de cuenca. Fue diseñado para predecir el impacto de las prácticas de manejo en la hidrología, el transporte de sedimentos y contaminantes en cuencas con condiciones variables de suelos y usos del suelo. Éste permite, entre otras cosas, analizar temporal y espacialmente la producción y movilización de sedimentos en la cuenca (Palazón and Navas, 2013).

2.- Los estudios de análisis de procedencia ("fingerprinting") se basan en que los sedimentos están influenciados física y químicamente por sus áreas fuente. Por lo tanto, estos consisten en determinar la fuente de la que derivan los sedimentos a partir del estudio de propiedades trazadoras. Mediante pruebas estadísticas y la aplicación de métodos como el Monte Carlo, se consiguen contribuciones relativas de cada fuente a los sedimentos estudiados. Este método nos aporta información sobre las posibles fuentes de sedimentos y su contribución al embalse.

3.- La base de las técnicas radiométricas asume que tras la precipitación atmosférica los radioisótopos trazadores alcanzan la superficie del suelo, son rápidamente incorporados a las partículas finas del suelo y su migración post-depósito, ocurre mayoritariamente por procesos físicos de erosión o depósito. El isótopo artificial ¹³⁷Cs de origen antropogénico, introducido en la estratosfera como subproducto de los ensayos nucleares (1954), se distribuyó globalmente en la estratosfera y su depósito se inició en 1955 asociado principalmente a las precipitaciones y al depósito seco por gravedad. Mediante la comparación de las radioactividades analizadas con sus inventarios de referencia local y la aplicación de modelos de balance de masas y de perfil de

actividad (Soto y Navas, 2004, 2008), nos permite identificar las áreas de erosión y depósito y cuantificar las tasas de redistribución del suelo estimando la magnitud de los procesos erosivos en diversos ambientes edáficos y climáticos.

Referencias Bibliográficas

Palazón, L., Navas, A. (2013) Sediment production of an alpine catchment with SWAT. *Zeitschrift für Geomorphologie* 57(2):069-085

Soto, J., Navas, A. (2004) A model of ^{137}Cs activity profile for soil erosion studies in uncultivated soils of Mediterranean environments. *Journal of Arid Environments*, 59: 719-730.

Soto, J., Navas, A. (2008) A simple model of ^{137}Cs profile to estimate soil redistribution in cultivated stony soils. *Radiation Measurements*, 43: 1285-1293.

REGISTROS ESPELEOTÉMICOS EN EL SISTEMA IBÉRICO

Carlos Pérez-Mejías

Instituto Pirenaico de Ecología-CSIC
Avda Montañana 1005, 50059 Zaragoza
cperez@ipe.csic.es

La creciente necesidad de obtención de registros paleoclimáticos terrestres que permitan estudios de la variabilidad climática a alta resolución, requiere de un conocimiento de detalle de los ambientes actuales basado en la monitorización. Este trabajo presenta el seguimiento instrumental y la reconstrucción paleoclimática iniciadas a partir de los registros espeleotémicos de la cueva del El Recuenco (Ejulve, Teruel) y la Cueva de las Graderas (Molinos, Teruel). Ambas cuevas se enmarcan en la unidad del Maestrazgo dentro de la Cordillera Ibérica (sector septentrional) sirviendo de enlace con la Cordillera Costero-Catalana.

Este trabajo presenta resultados preliminares procedentes de la monitorización del desarrollo espeleotémico actual en la cueva de El Recuenco que permiten investigar el recorrido isotópico desde el agua de lluvia, pasando por el goteo interno hasta el carbonato precipitado. Asimismo, se han inferido interpretaciones paleoclimáticas a partir del estudio de una estalagmita fósil holocena.

Los datos isotópicos de la lluvia recogidos por eventos (años 2010-2012) indican que el $\delta^{18}\text{O}$ está controlado por el área fuente, con influencia de la temperatura y de la cantidad de lluvia mostrando un claro patrón estacional (Moreno *et al*, en prensa). La señal isotópica se homogeniza en el epikarst (Mattey, 2008) con valores entre -8,85 y -11,62‰ para $\delta^{18}\text{O}$ y entre -62,51 y -74,48‰ para δD del goteo. En la cueva de El Recuenco se corrobora dicho patrón estacional, no sólo para la lluvia o el goteo sino también en el precipitado carbonático, con valores más ligeros en invierno respecto a primavera (Pérez-Mejías *et al*, en prensa). Estas evidencias ayudan a realizar reconstrucciones paleoambientales a partir del registro espeleotémico.

Así, los resultados isotópicos del $\delta^{18}\text{O}$ en la estalagmita fósil muestran una tendencia hacia un clima más cálido desde el Holoceno Medio al Holoceno Reciente, registrando períodos cortos de clima más frío en sincronía con otras secuencias paleoclimáticas del norte de Europa y Groenlandia. Por su parte, el $\delta^{13}\text{C}$ junto a las relaciones Mg/Ca y Sr/Ca permiten establecer períodos de relativa aridez durante 3,7, 4,9 y 5,2 ka BP. Todo ello se ve confirmado con los resultados procedentes del estudio de la Cueva de las Graderas.

Referencias Bibliográficas

Mattey, D., Lowry, D., Duffet, J., Fisher, R., Hodge, E. y Frisia, S. (2008). A 53 year seasonally resolved oxygen and carbon isotope record from a modern Gibraltar speleothem: reconstructed drip water and relationship to local precipitation. *Earth and Planetary Science Letters* 269, 80-95.

Moreno, A., Sancho, C., Bartolomé, M., Oliva-Urcia, B., Delgado-Huertas, A., Estrela, M., Corell, D., López-Moreno, J. y Cacho, I. (en prensa). Climate controls on rainfall isotopes and their effects on cave drip water and speleothem growth: the case of Molinos cave (Teruel, NE Spain). *Climate Dynamics*.

Pérez-Mejías, C., Sancho, C., Moreno, A., Bartolomé, M., Oliva-Urcia, B., Delgado-Huertas, A., Cacho, I., Auqué, L. y Osácar, C. (en prensa). Primeros resultados de la monitorización de la Cueva de El Recuenco (Ejulve, Teruel). *Geogaceta*.

EL CROCODILOMORFO *ANTEOPHTHALMOSUCHUS* (ALBIENSE INFERIOR) DE TERUEL: BIOMECÁNICA Y DEPREDACIÓN

Eduardo Puértolas Pascual

Grupo Aragosaurus-IUCA, Área de Paleontología,
Departamento Ciencias de la Tierra,
Facultad de Ciencias, Universidad de Zaragoza
puertola@unizar.es

En el año 2011 se recuperó un esqueleto parcial desarticulado de un crocodylomorfo (CCB-1) en la mina de carbón Corta Barrabasa localizada en Andorra (Teruel). Esta área se encuentra en la Subcuenca de Oliete dentro de la Cuenca del Maestrazgo, y la capa de lutitas que contiene los huesos se localiza en la parte inferior del Miembro Medio de la Formación Escucha (Albiense Inferior).

Tras su estudio sistemático y filogenético, CCB-1 se ha clasificado como un Goniopholididae dentro del género *Anteophthalmosuchus*. Los elementos recuperados más abundantes de CCB-1 son los osteodermos, y se han identificado principalmente osteodermos dorsales, y ventrales que forman la armadura paravertebral que conecta con las vértebras mediante un sistema de tendones y ligamentos formando el sistema de sostén del esqueleto.

En CCB-1, el sistema de sostén es de tipo cerrado (Salisbury & Frey, 2001), y se caracteriza por la presencia vertebras anficélicas a las que se unen dorsalmente dos filas de osteodermos dorsales, el doble de anchos que largos, con un ángulo relativamente bajo entre los pares de osteodermos de cada fila donde cada uno está unido con el osteodermo anterior mediante articulaciones del tipo “peg-and-groove”. Esta articulación se caracteriza por la presencia de un proceso anterior en forma de espina en el margen lateral de cada osteodermo que sirve para encajarse dentro de un surco que posee el osteodermo que le precede.

Este sistema de sostén tiene varias implicaciones biomecánicas relacionadas con el modo de locomoción de estos animales. La flexión lateral del tronco y las fuerzas asociadas de cizalla dorsoventral y transversal estarían muy limitadas. Esto es debido al bloqueo que se produce entre las articulaciones paravertebrales entre osteodermos, las articulaciones entre vértebras, y la presencia de la armadura ventral. Esta limitación en los movimientos laterales del tronco provocaría una capacidad reducida para nadar si se compara con otros crocodylomorfos acuáticos como gaviálidos, dirosáuridos o folidosáuridos.

Sin embargo, un sistema de sostén tan rígido tendría importantes ventajas para los modos de locomoción terrestres ya que la columna vertebral estaría sujeta a cargas y tensiones mínimas. Crocodylomorfos con sistema de sostén cerrado como los goniolfididos podrían caminar de forma erguida independientemente de su tamaño corporal y masa. Esto explicaría por qué los goniolfididos alcanzaban tamaños tan grandes.

Otros crocodylomorfos con vértebras anficélicas pero con sistema de sostén abierto (con articulaciones entre osteodermos más flexibles), como atopusáuridos, folidosáuridos o dirosáuridos, tendrían problemas para la locomoción terrestre ya que a partir de cierta masa corporal no podrían bloquear los esfuerzos transversales y de cizalla dorsoventral, impidiéndoles la capacidad para caminar de forma erguida.

De este tipo de locomoción adaptada al medio terrestre se puede inferir que CCB-1 y otros goniolfididos tendrían un estilo de vida anfibio cuya estrategia de alimentación sería muy similar a la que presentan cocodrilos y aligátors actuales y diferente a la de los gaviales. Esta estaría basada en el acecho y captura de grandes presas en zonas cercanas a la costa o la ribera del río.

Referencias Bibliográficas

Salisbury, S.W., Frey, E.A. (2001): Biomechanical transformation model for the evolution of semi-spheroidal articulations between adjoining vertebral bodies in crocodylians. In: Crocodylian biology and evolution. Chipping Norton, NSW: Surrey Beatty & Sons. 85-134.

EROSIÓN DEL SUELO Y DINÁMICA DE CARBONO EN AGROECOSISTEMAS MEDITERRÁNEOS. MODELIZACIÓN RADIOISOTÓPICA A DIFERENTES ESCALAS ESPACIO-TEMPORALES.

Laura Quijano Gaudes

Departamento de Suelo y Agua. Estación Experimental
Aula Dei, CSIC,
Avenida de Montañana, 1005, 50059 Zaragoza
lquijano@cead.csic.es
Dirección: Ana Navás Izquierdo

Los ecosistemas agrícolas mediterráneos son especialmente sensibles a la degradación del suelo debido principalmente a la intensa y prolongada actividad agrícola a lo largo de la historia, el bajo contenido en materia orgánica de los suelos y las características climáticas del área mediterránea. La sostenibilidad y productividad de los cultivos dependen de la calidad y del estado de conservación del suelo. La pérdida por erosión de las capas superficiales del suelo en los ecosistemas agrícolas supone una reducción significativa de la materia orgánica y de los nutrientes que afecta a la estructura física y a las propiedades del suelo, disminuyendo la capacidad de infiltración y la estabilidad de los agregados del suelo, cuya consecuencia es la intensificación de los procesos de erosión aumentando la vulnerabilidad del suelo a ser degradado.

En este contexto, la tesis se centra en el estudio de los procesos relacionados con la redistribución de las partículas del suelo (erosión y depósito) en una parcela experimental de cereal de invierno representativa de los ecosistemas agrícolas en áreas mediterráneas de montaña. Este estudio está dirigido a la cuantificación de los procesos de redistribución del suelo y su influencia en la dinámica de los nutrientes (carbono y nitrógeno) en sistemas agrícolas mediterráneos lo que permite una mejor comprensión de la influencia de estos procesos en las propiedades del suelo y se presenta como una aproximación a las condiciones y al estado de degradación del suelo. Para ello, se pretende aplicar el modelo de balance de masas propuesto por Soto y Navas (2008) para estimar las tasas de redistribución del suelo mediante la técnica de Cesio-137. Determinar los sumideros y fuentes de carbono y nitrógeno y cuantificar los inventarios para el análisis de las relaciones entre la redistribución espacial del suelo y la de los nutrientes. El modelo WATEM/SEDEM se aplicará para estimar las tasas de redistribución del suelo debidas a la erosión hídrica y por laboreo. Para estimar los inventarios de carbono y realizar el análisis de los flujos laterales y verticales a diferentes escalas espacio-temporales se aplicará el modelo SPEROS-C.

Referencias Bibliográficas

Navas, A., Gaspar, L., Quijano, L., López-Vicente, M., Machín, J. (2011) Patterns of soil organic carbon and nitrogen in relation to soil movement under different land uses in mountain fields (South central Pyrenees). *Catena*, 94, 43 – 52.

Quijano, L., López-Vicente, M., Gaspar, L., Machín, J., Navas, A. (2013) Modelling soil redistribution in a hydrologically defined crop field with WATEM/SEDEM. *Geophysical Research Abstracts* 15 EGU2013-5413. Viena, Austria.

Soto J, Navas A. (2008) A simple model of Cs-137 profile to estimate soil redistribution in cultivated stony soils. *Radiation measurements* 43, 1285 – 1293.

ANÁLISIS DE LAS PREFERENCIAS AMBIENTALES DE ASOCIACIONES DE QUISTES DE DINOFLAGELADOS EN AMBIENTES COSTEROS Y MARINOS (CUENCA LUSITÁNICA, PORTUGAL, Y SONDEO DSDP 398D) DURANTE EL ALBIENSE.

Raquel Sánchez Pellicer

Dpto. Ciencias de la Tierra (Área Paleontología),
Facultad de Ciencias
Universidad de Zaragoza. C/ Pedro Cerbuna 12, 50009 Zaragoza, Spain
raquelsanchezp@gmail.com

Los dinoflagelados son un grupo de microorganismos unicelulares eucariotas, principalmente marinos, que bajo ciertas condiciones forman quistes de resistencia que pueden preservarse en los sedimentos marinos. En 1977, Wall y colaboradores publicaron un trabajo pionero que demostró la existencia de relaciones empíricas entre la configuración espacial de los ambientes en aguas superficiales y la distribución de las diferentes “especies” de quistes de dinoflagelados en el transecto costa – océano, así como en los transectos latitudinales.

El objetivo de este trabajo es identificar las preferencias ambientales de las “especies” de quistes de dinoflagelados fósiles, para desarrollar su uso como indicadores de paleoambientes.

Se han estudiado las asociaciones de quistes de dinoflagelados de dos regiones diferentes en el Tetis occidental, durante el Albiense; los afloramientos costeros de la cuenca Lusitánica en la región de Lisboa, descritos como ambientes proximales someros (Rey, 1979), y el sondeo 398D del proyecto DSDP, descrito como ambiente marino profundo durante este periodo (Maldonado, 1979). En el intervalo estudiado, ambas regiones se situaban a una paleolatitud aproximada de 30°N, dentro del mismo cinturón climático.

Partiendo de la información de la composición de las asociaciones de dinoflagelados de cada una de las muestras, hemos sustentado el análisis de los datos en base a dos consideraciones de partida: “la diversidad de las asociaciones de organismos aumenta a lo largo del transecto costa–océano” y “los diferentes ambientes marinos están caracterizados por asociaciones diferentes”. El número de “especies” de quistes de dinoflagelados presentes en cada una de las muestras, y su abundancia relativa, se han utilizado para calcular dos índices de diversidad (dominancia y alfa de Fisher) y para identificar las asociaciones de quistes de dinoflagelados que caracterizan los diferentes paleoambientes registrados (a través de análisis *cluster* y de correspondencia).

El análisis de los resultados obtenidos, y su cotejo con los estudios previos realizados en ambos sectores, nos lleva a proponer que todos los paleoambientes registrados en los afloramientos de la cuenca Lusitánica pueden considerarse ambientes inestables, mientras que los registrados en el sitio 398D del DSDP representan ambientes más estables.

Los grupos de taxones identificados a través del análisis *cluster* tienen un significado ecológico, deducido de la coherencia observada entre la variación espacio-temporal de la distribución de estos grupos y las conclusiones paleoambientales obtenidas con otros paleoindicadores en trabajos previos. Los análisis de correspondencia han permitido identificar la distancia a la costa como el principal factor en la segregación de los grupos identificados mediante el análisis *cluster*.

Referencias Bibliográficas

Maldonado, A. (1979) Upper Cretaceous and Cenozoic deposition processes and facies in the distal North Atlantic continental margin off Portugal, DSDP site 398. Initial Reports of the DSDP, vol. 47. U.S. Government Printing Office, Washington.

Rey, J. (1979) Les formations bioconstruites du Crétacé inférieur d'Estremadura (Portugal). Géobios, Mémoire spécial n°3, 89-99.

Wall, D., Dale, B., Lohmann, G.P., Smith W.K. (1977) The environmental and climatic distribution of dinoflagellate cysts in modern marine sediments from regions in the north and south Atlantic oceans and adjacent seas. *Marine Micropaleontology*, 2, 121-200

MODELIZACIÓN ANALÓGICA EN CONTEXTO DE TECTÓNICA DE PIEL FINA

Pablo Santolaria Otín

Area Geodinámica Interna,
Departamento Ciencias de la Tierra,
Facultad de Ciencias, Universidad de Zaragoza
psotin@unizar.es

La modelización analógica pretende simular a escala de laboratorio procesos físicos naturales. Nos permite aislar diferentes parámetros y estudiarlos de forma individual. Y, a su vez, adquirir información sobre los procesos tectónicos (geometría 3D, mecanismos, velocidades, tiempo,...) lo cual no siempre es posible a partir de la geometría final obtenida a partir de los mapas y cortes geológicos. La técnica se basa en la realización de modelos dimensionados que justifiquen la similitud física entre estos y la naturaleza. Longitud, densidad, viscosidad, gravedad (g), esfuerzo, tiempo y velocidad de deformación son parámetros que hay que tener en cuenta en el dimensionamiento.

Hay dos tipos de modelos analógicos: en campo gravitatorio normal y con centrifugadoras, que permiten modificar el valor del esfuerzo vertical en el modelo y alcanzar valores 900 veces superiores al campo terrestre. Los requerimientos técnicos necesarios para alcanzar este valor constriñen el tamaño de los modelos y el dimensionamiento del resto de parámetros. El resultado es que en los experimentos en centrifugadora el tiempo de experimentación es 2 órdenes de magnitud menor (minutos frente a días) que en modelización analógica convencional.

La monitorización y análisis de los experimentos incluye la toma de fotografías, cortes seriados, adquisición de la topografía, análisis de desplazamiento y tomografía. Todo ello permite la precisa observación 4D del experimento.

La modelización analógica culmina con la confrontación de los datos adquiridos y el prototipo natural. En este caso la Unidad Surpirenaica Central (USPC, Zona Surpirenaica).

La USPC se enmarca en un contexto de tectónica de piel fina cuya cobertera despega a favor del nivel de despegue basal que constituyen las evaporitas del Triásico Superior y Medio. Hacia el frente de deformación, aparece un segundo nivel de despegue superior (Yesos de Barbastro). También es característico de la USPC el acuñamiento de la serie pre-compresión tanto longitudinal (hacia el sur) como lateral (hacia el oeste). ¿Qué supone la presencia de un segundo nivel de despegue en el frente de la USPC?, y, ¿cómo afecta el cambio de espesor de la cobertera durante la deformación? Abordamos ambas cuestiones mediante modelización analógica convencional y en centrifugadora. En el caso de modelización con campo gravitatorio normal se ha estudiado la interacción entre dos niveles de despegue a distintas alturas en la serie estratigráfica. En los modelos en centrifugadora se ha estudiado la influencia del cambio de espesor de la cobertera y del nivel de despegue.

En modelos analógicos con dos niveles de despegue los resultados indican que a medida que aumenta el solapamiento de los niveles de despegue se genera i) un mayor número de estructuras enraizadas en el nivel de despegue superior, ii) la deformación alcanza zonas distales mucho antes y iii) mayor cantidad de acortamiento es transmitido hacia el nivel de despegue superior. Además, las estructuras, independientemente del nivel de despegue donde enraícen, crecen de forma coetánea.

Modelos analógicos con variaciones de espesor de cobertera en centrifugadora: en el modelo de referencia con espesor constante, mayor espesor de la cobertera frágil el acortamiento se acomoda en un menor número de estructuras. En modelos con variación de espesor longitudinal, el mayor espesor de la cobertera impide la nucleación de estructuras y la deformación es transmitida hacia el

frente donde la cobertera se adelgaza. Por último en modelos con variación de espesor lateral, allí donde la cobertera es potente el número de estructuras es menor y mayor es el desplazamiento del frente. Si ya consideramos un acuñamiento lateral y longitudinal lo que se observa es que las estructuras (más numerosas en el lateral menos potente) se curvan debido al mayor avance del frente de deformación ahí donde la cobertera es más potente.

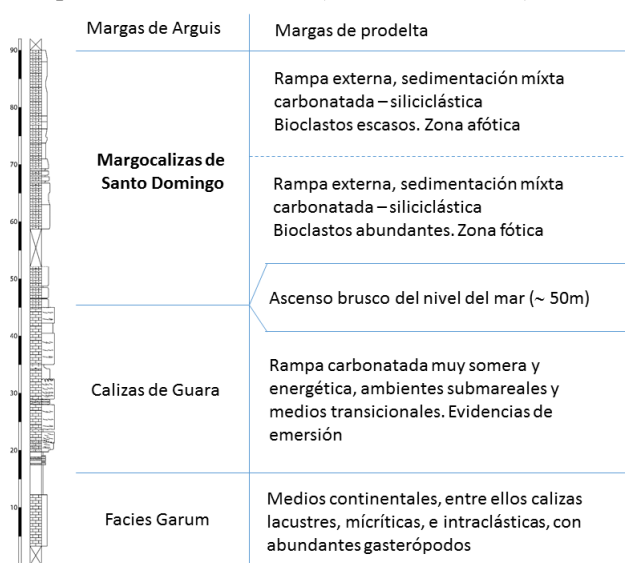
EL LÍMITE LUTECIENSE – BARTONIENSE EN EL EXTREMO OCCIDENTAL DE LAS SIERRAS EXTERIORES (SIERRA DE SANTO DOMINGO): EL TRANSITO FM. GUARA – FM. ARGUIS

Roi Silva Casal

Área de Estratigrafía, Departamento de Ciencias de la Tierra
Facultad de Ciencias, Universidad de Zaragoza

roi.silva.casal@gmail.com

El tránsito Luteciense – Bartonienese representa uno de los cambios sedimentarios más significativos de la cuenca de Jaca. Tras millones de años de sedimentación carbonatada, la formación Guara representa el último gran depósito calcáreo de la cuenca Pirenaica. Esta cuenca, compartimentada por la influencia de la creciente actividad tectónica del orógeno pirenaico, dio lugar a distintas subcuencas, entre ellas la cuenca de Jaca, a finales del Eoceno inferior. Las últimas unidades carbonatadas de la cuenca de Jaca, por lo tanto, se desarrollan en un contexto de fuerte actividad tectónica, que va a ser un factor crucial en su arquitectura, y en su evolución secuencial (Barnolas y Gil-Peña, 2001). Esta sedimentación calcárea va a finalizar de forma abrupta en torno al tránsito Luteciense – Bartonienese, a partir del cual la sedimentación pasa a ser eminentemente siliciclástica, representado por el límite superior de la formación Calizas de Guara, cubierta por las formaciones Margas de Pamplona-Arguis al oeste y Belsué-Atarés al este. A techo de este límite es habitual encontrar un nivel de arenisca o limolita con abundante glauconita, que representa una superficie de inundación (Millán et al., 1994).



En el flanco sur de la Sierra de Santo Domingo (Fig. 1), sin embargo, este límite se encuentra representado por un nivel de condensación carbonatado con bivalvos, equínidos, briozoos, serpúlidos, corales, *Discocyclusina* y abundante glauconita. La serie suprayacente se encuentra compuesta por margocalizas arenosas con *Discocyclusina*, depositada en un medio de rampa externa, por debajo del nivel de base del oleaje de tormentas, pero aún dentro de la zona fótica. Estas facies ricas en macroforaminíferos pasan a techo a unas margocalizas con escasos macrofósiles, que se interpretan como depositadas en un medio de rampa distal, en la zona afótica.

Fig. 1. Columna estratigráfica sintética de las unidades estratigráficas de la Sierra de Santo Domingo

Esta unidad margocalcárea, descrita por primera vez en este trabajo, representa la zona distal del último sistema sedimentario carbonatado de la Cuenca de Jaca en las Sierras Exteriores. Estos materiales se depositaron en un ambiente de plataforma externa, cuyos dominios interno y medio se encuentran, probablemente, bajo los depósitos continentales de la Cuenca del Ebro. Debido a sus diferencias texturales, litológicas y cronológicas, nos parece oportuno diferenciar esta unidad como miembro Margocalizas de Santo Domingo, dentro de la formación Calizas de Guara, en cambio lateral con las Margas de Pamplona-Arguis.

Referencias Bibliográficas

Barnolas, A. y Gil Peña, I. 2001. Boletín Geológico y Minero, 112 (3): 17-38.

Millan, H., Aurell, M., and Melendez, A. 1994. Sedimentology, 41: 1001-1024.

RECONSTRUCCIÓN DE ESTRUCTURAS ASOCIADAS A INTRUSIONES DE GABROS A PARTIR DE DATOS PALEOMAGNÉTICOS. REMAGNETIZACIÓN EN EL ALTO ATLAS MARROQUÍ.

Sara Torres López

Laboratorio de Paleomagnetismo.
Universidad de Burgos.
storres@ubu.es

El Atlas Marroquí es una cadena intracontinental que se desarrolla a partir de la inversión, durante el Cretácico superior y el Cenozoico, de cuencas transtensionales formadas durante el Triásico-Jurásico, debido a la convergencia entre la placa Africana e Iberia (Laville y Piqué, 1992, Teixell et al., 2003). El área de estudio se localiza en el Atlas Central. La estructura tectónica viene caracterizada por amplios sinclinales donde afloran calizas del jurásico medio, separados por estrechos y fallados anticlinales (Laville et al., 2004). Los núcleos de los anticlinales están ocupados por calizas del jurásico inferior y por rocas triásicas o por intrusiones magmáticas. Estas intrusiones magmáticas, en su gran mayoría cuerpos gabroicos, se emplazan durante el jurásico medio-superior (Bensalah et al., 2013) ocupando los núcleos de crestas con orientación NE-SW que aportan un carácter distintivo al relieve del Atlas central.

La formación de los anticlinales ha sido atribuida a diferentes procesos tales como: plegamiento compresional asociado a fallas inversas, emplazamiento de intrusiones magmáticas durante el jurásico, levantamiento de los bloques inclinados debido a fallas sinsedimentarias normales, diapirismo (Michard et al., 2011). La evolución tectónica del área, incluyendo la exhumación de los gabros, deformación y erosión sufrida también es un debate abierto en la actualidad.

El paleomagnetismo es un método muy utilizado para detectar deformaciones tectónicas a partir de las declinaciones paleomagnéticas muy sensibles a movimientos verticales. La magnetización primaria ha sido el objetivo de muchos estudios de tectónica global y regional pero es la remagnetización la que nos permite observar estadios intermedios de deformación. Villalaín et al. (2003) desarrolla un método que permite obtener la geometría de cuencas remagnetizadas en el momento de adquisición de la remagnetización. El método consiste en la rotación de los vectores paleomagnéticos y de las capas que los contienen alrededor del eje hasta alcanzar la dirección de remagnetización.

Comparando la dirección de la remagnetización que presentan las cuencas del Atlas (Torres López et al., 2014), con la APWP (apparent polar wander path) para Africa se obtiene que la remagnetización es Cenomaniense (100 m.a). Aplicando el método de Villalaín et al. (2003) se reconstruyen las estructuras asociados a los gabros y se asocian al Cenomaniense, aportando información sobre la evolución y sobre el momento de exhumación de estos cuerpos gabroicos.

Referencias Bibliográficas

Bensalah, M., Youbi, N., Mata, J., Madeira, J., Martins, L. 2013. The Jurassic–Cretaceous basaltic magmatism of the Oued El-Abid syncline (High Atlas, Morocco): Physical volcanology, geochemistry and geodynamic implications. *Journal of African Earth Sciences* 81, 60–81.

Laville, E., Piqué, A., 1992. Jurassic penetrative deformation and Cenozoic uplift in the 798 central high atlas (Morocco): a tectonic model. Structural and orogenic inversions. *799 Geologische Rundschau*, 81, 1, 57-170.

Laville, E., Piqué, A., Amrhar, M., Charroud, M. 2004. A restatement of the 805 Mesozoic Atlasic Rifting (Morocco). *Journal of African Earth Sciences*, 38, 145–153.

Michard, A., Ibouh, H., Charrière, A. 2011. Syncline-topped anticlinal ridges from the High Atlas: a Moroccan conundrum, and inspiring structures from the Syrian Arc, Israel. *Terra Nova*, 23, 314–323.

Teixell, A., Arboleya, M.L., Julivert, M., Charroud, M. 2003. Tectonic shortening and topography in the central High Atlas (Morocco). *Tectonics*, 22: 1051, doi: 10.1029/9432002TC001460.

Torres-López, S., Villalaín, J.J., Casas, A.M., El Ouardi, H., Moussaid, B., Ruíz-Martínez, V.C. 2014. Widespread Cretaceous secondary magnetization in the High Atlas (Morocco). A common origin for the Cretaceous remagnetizations in the western Tethys? *Journal of the Geological Society of London*. En prensa.

Villalaín, J.J., Fernández-González, G., Casas, A.M., Gil-Imaz, A. 2003. Evidence of a Cretaceous remagnetization in the Cameros Basin. (North Spain): implications for basin geometry. *Tectonophysics*, 377, 101–117.

CICLOS DE CONFERENCIAS Y SEMINARIOS

CURSOS 2013/2014

DOCTORADO EN GEOLOGÍA

Ciclo de Conferencias

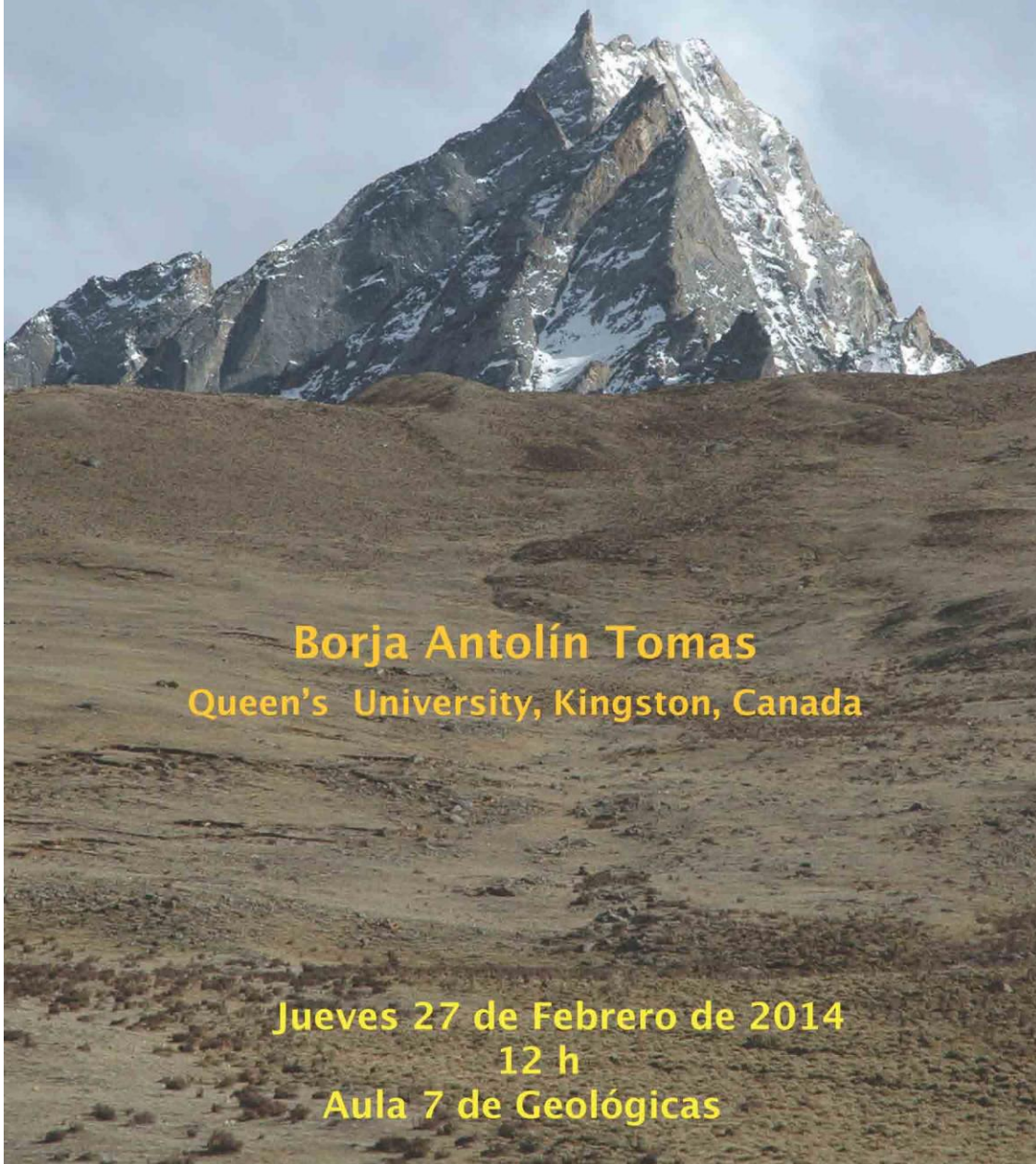
- 17 DE OCTUBRE *Foraminíferos del Cretácico y Cenozoico de la Patagonia: paleobiogeografía y bioeventos.* Carolina Nañez (Investigadora Adjunta del CONICET (Argentina).
- 31 DE OCTUBRE- *Introducción a la Exploración y Producción de Hidrocarburos* Jorge Navarro (Responsable de Geología Cepsa).
- 7 DE NOVIEMBRE- *Aplicación de los análisis de isótopos estables al estudio de eventos climáticos del pasado geológico* Idoia Rosales. Instituto Geológico y Minero de España (IGME).
- 14 DE NOVIEMBRE *Funcionamiento hidrogeológico de un humedal hipogénico de origen kárstico en las Sierras Marginales Pirenaicas: las lagunas de Estaña (Huesca)* Cristina Pérez Bielsa (Escuela Universitaria Politécnica de Huesca)
- 21 DE NOVIEMBRE *40Ar/39Ar dating* Klaudia Kuiper. VU Amsterdam Países Bajos.
- 12 DE DICIEMBRE- *Estudios estructurales en granitoides andinos s.* Néstor Vegas Tubía (Universidad País Vasco).
- 23 DE ENERO- *Geología de los Himalayas.* Borja Antolín Tomás (Queen's University, Kingston, Canadá).
- 13 DE FEBRERO *Times scales of magmatic processes from modelling the zoning patterns of crystals* Fidel Costa Rodríguez (Earth Observatory of Singapore, Nanyang Technological University Singapore).
- 20 DE FEBRERO *Origen e importancia económica petrolera de la roca almacenadora de hidrocarburos más importante del sureste de México.* José Manuel Grajales Nishimura (Dirección de Investigación y Posgrado del Instituto Mexicano de Petróleo, en México D.F.)
- 13 DE MARZO *La extinción de los últimos dinosaurios europeos.* Bernat Vila (Investigador Postdoctoral. Contrato Juan de la Cierva. Grupo Aragosaurus IUCA Universidad de Zaragoza.
- 3 DE ABRIL *La formación del karst.* Ana Isabel Ortega CENIEH, Burgos



**Universidad
Zaragoza**


**Actividades Doctorado en Geología
curso 2013-2014**


**Conferencia:
GEOLOGÍA DE LOS HIMALAYAS**




Borja Antolín Tomas
Queen's University, Kingston, Canada

Jueves 27 de Febrero de 2014
12 h
Aula 7 de Geológicas



 **Universidad**
Zaragoza

Actividades Doctorado en Geología
curso 2013-2014

 Doctorado en
Geología

Conferencia:
ESTUDIOS ESTRUCTURALES EN GRANITOIDES ANDINOS

Nestor Vegas Tubía
Universidad del País Vasco

Jueves 12 de Diciembre de 2013
12:30 h
Salón de Actos Geológicas