

IX CICLO DE CONFERENCIAS Y SEMINARIOS
DOCTORADO EN GEOLOGÍA
CURSO 2016/2017

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



Departamento de
Ciencias de la Tierra
Universidad Zaragoza



Universidad
Zaragoza



Facultad de Ciencias
Universidad Zaragoza



Escuela de Doctorado
Universidad Zaragoza



Instituto Universitario de Investigación
en Ciencias Ambientales
de Aragón
Universidad Zaragoza

©Los autores

ISBN: 978-84-16723-38-6

Depósito legal: Z 981-2017

Fotografía de la portada: Roca de sal. Departamento de Ciencias de la Tierra Facultad de Ciencias. Universidad de Zaragoza

Editado por el Departamento de Ciencias de la Tierra
Universidad de Zaragoza
Edificio de Geológicas
C/ Pedro Cerbuna, 12
50009 Zaragoza, España



Roca de Sal. Jardín de rocas, Edificio C de Geológicas. Universidad de Zaragoza

Índice

Presentación

Resúmenes de las ponencias: Ciclo de seminarios 2016-2017

Alonso Germán, Antonio. <i>Asociación faunística del Barranco del Hocino 1, un nuevo yacimiento de vertebrados del Barremiense (Cretácico inferior) de Teruel</i>	15
Aretxabala Díez, Antonio. <i>Desarrollo de la construcción sobre las margas de Pamplona. Estudio de una interacción inevitable a lo largo de los siglos</i>	17
Blasco Castellón, Mónica. <i>Geotermometría del Sistema Geotermal de Arnedillo (La Rioja)</i>	23
Díaz Berenguer, Ester. <i>Nuevos datos sobre la locomoción del Sirenio de Sobrarbe (Eoceno Medio, Huesca)</i>	27
Fabregat González, Iván. <i>Reconstrucción, mediante trenching, GPR y ERI, de la estructura interna y la evolución de las dolinas del Valle del Fluvià (Gerona, España)</i>	31
Fernandez Fornos, Lara. <i>Desarrollo metodológico para la elaboración de Cartografía Geológica mediante análisis multicriterio de datos de teledetección espacial</i>	35
Galán García, Julia. <i>Quirópteros fósiles del Cuaternario de Aragón y el Norte de la Península Ibérica. Memoria de una tesis en Murciélagos</i>	41
Lasierra Liarte, Joaquín. <i>Desarrollo de un instrumento portátil destinado a identificar propiedades mecánicas de los elementos constructivos mediante métodos no destructivos: Captación y tratamiento de la señal</i>	43
Leunda Esnaola, María. <i>Potencial paleoambiental de la cueva helada A294 a partir de polen y macrorrestos vegetales (Macizo de Cotiella, Pirineo Central)</i>	47
Lizaga Villuendas, Iván. <i>Estimación de los patrones de redistribución del suelo mediante ^{137}Cs para cuantificar el impacto de los cambios de uso</i>	51
Majarena Serrano, Úrbez. <i>El magmatismo pérmico de la Cordillera Ibérica: Estado actual de conocimientos y nuevas perspectivas</i>	55
Marcén Albero, Marcos. <i>Interpretación cinemática de la Falla de Alhama de Murcia: Fábricas magnéticas aplicadas a estructuras de desgarre</i>	59
Marqués Calvo, Luis Ángel. <i>Alteraciones de origen antrópico en el medio fluvial. Ejemplos en el Bajo Gállego</i>	65

Martín Bello, Leticia. <i>Resultados preliminares de la composición isotópica de los estromatolitos lacustres de La Sierra de Alcubierre (Mioceno, Cuenca del Ebro, España)</i> ...	69
Moreno-Domínguez, Rafael. <i>Las interacciones planta-insecto y aproximación a la reconstrucción paleoclimática del yacimiento oligoceno de La Val (Estadilla, Huesca)</i>	73
Moya-Costa, Raquel. <i>Aplicación de morfometría geométrica en la identificación de fragmentos mandibulares de sorcidos (Eulipotyphla, Mammalia) del Pleistoceno</i>	75
Muñoz del Pozo, Alicia. <i>Identificación de procedencia de piezas artísticas aragonesas, realizadas en alabastro</i>	79
Núñez-Lahuerta, Carmen. <i>Los cuervos de la Sima del Elefante</i>	83
Orellana Macías, José María. <i>Estudio hidrológico para la sostenibilidad ambiental de la reserva natural de la Laguna de Gallocanta (Ternel-Zaragoza)</i>	85
Pérez Mejías, Carlos. <i>The transference of the isotopic signal from rainfall to drip waters and farmed calcite in the case of Ejulve cave, NE Spain</i>	89
Puddu, Claudia. <i>La Fase Sarda: Comparación entre Cerdeña y Pirineos</i>	91
Rivero Cuesta, Lucía. <i>Respuesta de los foraminíferos bentónicos a diferentes eventos hipertermales del Eoceno Medio</i>	97
Savin, Marie Clarie. <i>Los mármoles del Noroeste de España (actual Galicia): Contribución a su caracterización arqueométrica y al estudio de su explotación y uso en época romana y altomedieval</i>	101
Sequero López, Cristina. <i>Heterogeneidad de facies en la plataforma carbonatada somera del final del Jurásico (Fm. Higuieruelas, Mezalocha). Resultados preliminares</i>	103
Sevillano Matilla, Ana. <i>Significado y origen microbiano de la costra ferromanganesiana con estromatolitos pelágicos del Jurásico de Mallorca (Sección S'Heretat)</i>	107
Suárez Monfort, Víctor. <i>Reinterpretando la geología de la Mina Santa Rosa</i>	111
Val Muñoz, Jorge. <i>Señal climática del enfriamiento Pliensbachiense (Jurásico Inferior) en la Cuenca Ibérica: Sedimentología, Ciclostratigrafía y Quimiostratigrafía</i>	115

Conferencias realizadas durante el curso 2016-2017

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: //cienciasierra.unizar.es

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

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

-TITULARES

Gloria Cuenca Bescós	Área de Paleontología	cuenca@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

Dirección profesorado del Departamento de Ciencias de la Tierra: Edif.Geológicas.
Pedro Cerbuna, 12-50009 Zaragoza. Telf.: +34976761105-976761000 ext.3166 Fax:
+34976761106 email: cctierra@unizar.es

-Invitados de otras instituciones:

Ana Navas Izquierdo
Investigador Científico del CSIC
Personal Investigador de Plantilla
Erosión y Evaluación de Suelo y Agua
Estación Experimental de Aula Dei (CSIC)
Av. Montañana 1.005
50059 - Zaragoza (Spain)
Despacho: 1.12
Tel: 976716094
e-Mail: anavas@eead.csic.es

Blas Lorenzo Valero Garcés
Investigador Científico CSIC
Consejo Superior de Investigaciones Científicas
Instituto Pirenaico de Ecología
Dpto. Procesos Geoambientales y Cambio Global
Avda Montañana 1005, Apdo 202, 50080 Zaragoza
Teléfono 976 716112
blas@ipe.csic.es
<http://www.ipe.csic.es/limnogeologia/principal.htm>

Samuel Zamora Iranzo
Científica Titular Instituto Geológico y Minero de España (IGME)
Tectónica, Geología Estructural
C/ Manuel Lasala, 44 - 9º B
50006 Zaragoza
Teléfono: + 34 976 555 153 – 976 555 282
E-mail: samuel@unizar.es

LAS IX ACTIVIDADES DEL PROGRAMA DE DOCTORADO EN GEOLOGÍA DEL CURSO 2016-2017

Gloria Cuenca Bescós, coordinadora

Dirección: cuencag@unizar.es

Durante el curso 2016-2017 se han desarrollado las IX actividades propias del Programa de Doctorado en Geología (PDG) cuyos resultados se presentan en este libro.

En total se presentan 27 resúmenes, que reflejan la actividad de los doctorandos del programa en las distintas áreas de conocimiento del programa de geología, las del Departamento de Ciencias de la Tierra donde se desarrollan la mayoría de las investigaciones, pero también de las instituciones con doctorandos en nuestro programa como las del Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC): el Instituto Pirenaico de Ecología y la Estación Experimental de Aula Dei y el Instituto Geológico y Minero de España

Una de las actividades del programa es que los doctorandos presenten los resultados de su investigación en público, con un tiempo limitado, como comunicaciones orales en congreso. Además deben hacer un resumen por escrito que es el que se publica en el presente volumen.

Este programa de Geología pretende con esto conseguir que los doctorandos vayan familiarizándose con la exposición pública de sus resultados en las diferentes fases de preparación de sus tesis doctorales, desde la fase inicial del mero plan de investigación a los resultados obtenidos en los años siguientes. En este curso se han recopilado estos resultados en este libro 7, donde los doctorandos, en orden alfabético, sintetizan sus trabajos presentándolos con un formato de resúmenes de congresos, en cuatro páginas, con las figuras y las referencias bibliográficas pertinentes. También se plasma en este libro el programa de las conferencias diseñadas por los miembros de la Comisión Académica del PDG.

La interdisciplinariedad es cada vez más importante en la investigación actual en Geología, como queda reflejado en la mayoría de los resúmenes presentados.

Por otra parte algunos egresados de las extinguidas Licenciaturas en Geología de diversas universidades españolas, que han desarrollado la geología práctica, en las empresas, desean compartir sus conocimientos con los jóvenes maestros en geología elaborando tesis doctorales en los que plasman la experiencia de toda una vida como es el caso de Antonio Aretxabala Díez quien escribe (copio aquí literalmente):

“... tesis doctoral con dos partes bien diferenciadas: una inicial de marcado carácter tecnológico y descriptivo sobre las margas de Pamplona y una segunda parte de por qué debido a esas características, la relación del ser humano con ellas, a través de la arquitectura, la construcción o la industria, han derivado en una serie de normas, escritas o no, de modas y costumbres que a través de los siglos han ido cambiando con las diferentes tecnologías. La tesis está avalada por 25 años de experiencia geotécnica en obra civil y edificación en Navarra y alrededores, especialmente en la denominada Cuenca de Pamplona.”

Una parte importante de la investigación en Geología se dedica también al estudio del cambio climático en el pasado como clave para conocer el presente y sobre todo el futuro de nuestro planeta. La consciencia, en las últimas décadas de la participación del hombre en el cambio climático que vivimos en la actualidad ha hecho que se le de una gran importancia a las series de datos que proporciona la Geología, con un mayor alcance de predicción al analizar cambios ocurridos durante miles de años. La desaparición de los glaciares, la pérdida del hielo en las cuevas heladas del Pirineo en la vertiente española, la alteración de origen antrópico en el medio fluvial, y en general en las masas de agua dulce, así como la pérdida de biodiversidad detectada en la desaparición progresiva de numerosas especies de fauna y flora durante el último millón de años son sólo algunos de los ejemplos de lo que investigan los doctorandos del programa de doctorado de Geología de la Universidad de Zaragoza.

La Geología aporta también una importante herramienta de protección y gestión del patrimonio cultural como queda de manifiesto en el trabajo presentado por Alicia Muñoz del Pozo titulado “Identificación de procedencia de piezas artística aragonesas, realizadas en alabastro”.

Juzguen por ustedes mismos, espero que disfruten como lo he hecho yo, tanto en las presentaciones orales como con la lectura de este libro de resúmenes de los futuros doctores en Geología de la Universidad de Zaragoza.

RESÚMENES DE LAS PONENCIAS DEL CICLO
DE
SEMINARIOS 2016/2017
DOCTORADO EN GEOLOGÍA

ASOCIACIÓN FAUNÍSTICA DEL BARRANCO DEL HOCINO 1, UN NUEVO YACIMIENTO DE VERTEBRADOS DEL BARREMIENSE (CRETÁCICO INFERIOR) DE TERUEL

Antonio Alonso Germán

talonso@unizar.es

La subcuenca de Oliete, en la zona oriental de la Cuenca del Maestrazgo, posee una secuencia de sedimentos continentales (facies Weald) donde se conocen pocos yacimientos con vertebrados fósiles. En general los puntos con fósiles son descubrimientos aislados (Gasca, 2015); no obstante, yacimientos como La Cantalera-1 (Josa, Teruel) es uno de los que presenta mayor diversidad de vertebrados del Barremiense inferior de la península ibérica (Canudo *et al.*, 2010). En este contexto se presenta la asociación fósil del yacimiento Barranco del Hocino 1.

El yacimiento Barranco del Hocino 1 se encuentra situado en el municipio de Estercuel, provincia de Teruel. Está situado geológicamente en la zona meridional de la subcuenca de Oliete., en la parte media de la Formación Blesa, de edad Barremiense (Canudo *et al.*, 2010). Aparece en una sucesión estratigráfica de lutitas y margas que alternan con calizas grises bioturbadas. El paleoambiente ha sido interpretado como una llanura aluvial con exposición aérea, episodios palustres y desarrollo de paleosuelos.

Durante dos campañas de campo (2015 y 2016) se han recogido unos 200 restos fósiles de vertebrados. La acumulación del yacimiento consiste en huesos desarticulados y fragmentados, en buena parte inidentificables.

Los restos de dinosaurios ornitópodos son los más abundantes en el yacimiento, relacionados con iguanodontios estiracosternos. Han aparecido restos craneales como un yugal y dientes mudados, junto a

vértebras dorsales, sacras y caudales, fragmentos de costillas, huesos largos y elementos autopodiales.

Los restos de dinosaurios tireóforos están representados por fragmentos de osteodermos y dos espinas dérmicas muy completas.

Los dinosaurios terópodos están representados por los restos de dientes aislados de tetanuros, incluyendo un morfotipo de dientes de espinosáurido de tipo barioniquino y un morfotipo más plesiomórfico con dientes zifodontos atribuido a otros tetanuros basales de la época, probablemente relacionados con Carcharodontosauridae.

Los restos de crocódilomorfos corresponden a dos morfotipos de dientes aislados de pequeño tamaño y pequeños fragmentos de huesos craneales.

El yacimiento presenta similitudes con otros de la Formación Blesa como La Cantalera 1 (Canudo *et al.*, 2010) en su composición y formación, aunque con una menor diversidad y peor conservación. Las faunas registradas son similares y congruentes con los vertebrados fósiles conocidos del Barremiense europeo y de la península ibérica.

Referencias Bibliográficas

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., 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.

Gasca, J.M. (2015). Aportaciones al conocimiento sobre los dinosaurios del Barremiense inferior (Cretácico Inferior) de Teruel, España: asociaciones fósiles, sistemática, paleobiodiversidad y afinidades paleobiogeográficas. Tesis doctoral, Universidad de Zaragoza, España, 170 pp.

DESARROLLO DE LA CONSTRUCCIÓN SOBRE LAS MARGAS DE PAMPLONA. ESTUDIO DE UNA INTERACCIÓN INEVITABLE A LO LARGO DE LOS SIGLOS

Antonio Aretxabala Díez

aaretx@gmail.com

Introducción

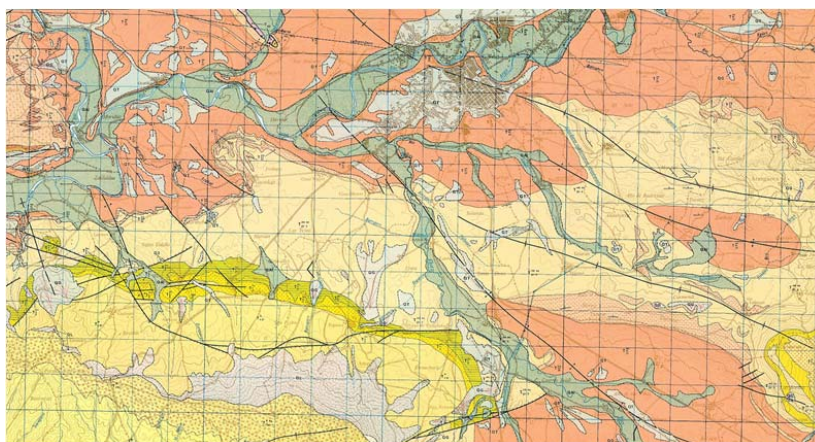
¿Por qué una tesis doctoral sobre las margas eocenas de Pamplona?

Se presentará una tesis doctoral con dos partes bien diferenciadas: una parte inicial de marcado carácter tecnológico y descriptivo sobre las margas de Pamplona y una segunda parte de por qué debido a esas características, la relación del ser humano con ellas, a través de la arquitectura, la construcción o la industria, han derivado en una serie de normas, escritas o no, de modas y costumbres que a través de los siglos han ido cambiando con las diferentes tecnologías.

La tesis está avalada por 25 años de experiencia geotécnica en obra civil y edificación en Navarra y alrededores, especialmente en la denominada Cuenca de Pamplona. El autor ha realizado la mayor parte de su trabajo en contacto con esta singular formación rocosa, tanto desde empresas dedicadas a la geotecnia a principios de los años 90 del siglo XX, como desde el Laboratorio de Edificación desde 1992 (Laboratorio de Arquitectura a partir de 2014) donde fue Director Técnico (desde el inicio de 1993 hasta el final de 2016). Esta experiencia en el campo de la arquitectura sienta las bases para una segunda parte de mayor calado histórico. No existe ninguna tesis doctoral sobre las tan utilizadas “Margas e Pamplona”, con una particularidad nada despreciable: son el único material obligatorio en la actividad constructiva en toda la Cuenca de Pamplona y alrededores, ni siquiera de carácter puramente petrológico o tecnológico, menos aún un estudio histórico que destaque la interacción humana con estos materiales evolutivos.

La tesis, relaciona la actividad constructiva y de edificación sobre la formación eocena, investiga la interacción entre el ser humano y las Margas de Pamplona, sus tratamientos tecnológicos, así como con sus residuales, cuya importancia es esencial debido al número y tipología de patologías que se derivan de su habitual desconocimiento. Esta tesis intentará rellenar ese hueco. En cierto modo es un reconocimiento tardío de un geólogo que vive con y de ellas.

Como afirmamos, las Margas de Pamplona han sido, son y serán el único material de construcción obligatorio que impone la Naturaleza a la actividad arquitectónica, constructiva y, en general, ingenieril en la Cuenca de Pamplona, además de en una amplia franja de Navarra y Huesca. Otros especímenes similares se extienden por Álava, Guipúzcoa y hasta Zaragoza.



Si observamos los terrenos más representativos en la actual Cuenca de Pamplona y tenemos en cuenta lo dicho, llegamos a la conclusión que en los últimos 20.000 años el ser humano ha tenido que interactuar con los mismos tipos de suelos y rocas en sus actividades en las diferentes épocas que acompañan a su desarrollo. En muchos casos las modificaciones introducidas en el medio por el propio ser humano han hecho que ciertos tipos de terrenos se hayan expandido a costa de otros.

Hoy, cerca de 350.000 personas nos aglutinamos ya y vivimos sobre

ellas solamente en el área metropolitana de la capital de Navarra, Pamplona. Se siguen manifestando patologías geotécnicas, geomecánicas, dinámicas, evolutivas..., en edificaciones, grandes obras hidráulicas, urbanizaciones, obras lineales, etc., no sólo por vicios constructivos o especulativos, se derivan en mucha mayor medida del desconocimiento explícito de algunos de sus peculiares comportamientos evolutivos.

Nuestra interacción con estos materiales depende en gran medida de condiciones naturales muy cambiantes: clima, tectónica, nuevos usos del territorio o una sismicidad natural e inducida que no podemos obviar para llevar a buen éxito nuestras grandes infraestructuras, tal ha sido el caso en estos últimos años cuando atendemos a edificación, urbanizaciones, embalses, líneas de alta velocidad e incluso extracción minera. La perspectiva evolutiva, en relación a los terrenos y su dinámica en la Cuenca de Pamplona y alrededores, que otorgan buen número de edificios patrimoniales desvela una serie de comportamientos inherentes a las mismas y a la configuración e implantación de ciertas edificaciones: localización en valles, laderas, cerca de desmontes y taludes, en cimas topográficas, con cimentaciones diversas y de muy diferentes épocas.

Desde la construcción defensiva en la primera Edad de Hierro en el monte Ezkidi como germen de lo que iba a ser Pamplona, o las construcciones a modo de silos para guardar el grano en Sarriguren, hasta nuestros días, el ser humano ha ido poco a poco aprendiendo que ciertas configuraciones y disposiciones de sus edificios son idóneas en según qué contextos; pero a través de la historia y especialmente en la época contemporánea, los métodos constructivos y el uso del territorio no siempre han sido completamente exitosos.

En efecto, el montante de desaciertos vincula a la actividad de la edificación, al cuidado del patrimonio histórico (parte del eje e itinerario de la tesis propuesta) y a la urbanización en general, con un cierto desconocimiento de las características mecánicas, dinámicas y evolutivas de las margas de Pamplona.

Hasta hoy y a pesar de las propuestas hechas en varias ocasiones como la actual, no existe una tesis doctoral sobre las margas eocenas de Pamplona (vulgarmente denominadas “tufas” en el sector), su papel en los diferentes campos de la arquitectura (desde la distribución del territorio hasta la edificación más compleja, pasando por obras

subterráneas o el cuidado del patrimonio).

La universidad, las administraciones públicas o el propio sector de la construcción, no cuentan con un documento académico dedicado, a pesar de ser el material impuesto por las circunstancias geográficas y geológicas inherentes a toda actividad humana en nuestra zona.

El autor ha adquirido un conocimiento y una experiencia que se han esculpido con más de tres mil estudios del terreno en los últimos 23 años de los que un porcentaje indeterminado (posiblemente entre el 20% y el 40%) podrían relacionarse con estos materiales evolutivos y sus patologías. A partir de nuestros trabajos se pueden encontrar publicaciones al respecto en revistas técnicas y en manuales de arquitectura e ingeniería, bien directamente publicados desde el propio laboratorio o en colaboraciones con otros profesores y profesionales (se facilita una lista de publicaciones en los anexos).

Ello ha hecho que los técnicos que trabajamos en el laboratorio seamos constantemente invitados a divulgar estas cuestiones en el ámbito cultural, científico y técnico, y no sólo navarro, sino de todo el país, también por las preocupaciones que el desconocimiento aludido conlleva cuando la Naturaleza y los desaciertos de uso del territorio suponen un peligro potencial para ciertas poblaciones afectadas o para el desarrollo económico.

Los objetivos de la tesis doctoral son tres:

A) Investigar el detalle de los mecanismos de respuesta al esfuerzo natural o de origen humano y el comportamiento evolutivo de la formación eocena margas de Pamplona desde un punto de vista geológico pero también histórico.

B) Analizar ese comportamiento en los distintos contextos naturales, edificatorios, constructivos, de restauración, etc., en que la actividad constructiva interactúa con el material del subsuelo.

C) Establecer unos protocolos de actuación en obra civil de cara a que el comportamiento de los materiales sea adecuado con los objetivos de los proyectos constructivos.

Esquema

Caracterizaciones

1.2.1. Marco geológico de las margas de Pamplona (entorno geográfico).

1.2.2. Análisis de diferentes facies en la región estudiada: clases, subclases, etc.

1.2.3. Definición de litotipos dentro de la formación.

1.2.4. Caracterización petrofísica y geomecánica de los litotipos (ensayos petrofísicos y geotécnicos).

1.2.5. Grupos (o facies) de comportamiento geomecánico similar.

Interacciones

1.2.6. Casos concretos y estudios particulares destacables

1.2.7. Cimentaciones habituales en las margas de Pamplona, el cambio histórico y la tecnología.

1.2.8. Recomendaciones tecnológicas generales, manipulación, aspectos climáticos, etc.

1.2.9. Evaluación de los mecanismos que controlan el comportamiento evolutivo de estas margas eocenas.

1.2.10. Obras subterráneas, evolución histórica.

Sectores

1.2.11. Urbanismo y margas de Pamplona, excavaciones, taludes, terraplenes, edificios cercanos a excavaciones, configuraciones de cimentación en llanuras y su problemática específica. Edificios en elevaciones topográficas, clima y reptación del terreno. Edificios en laderas, el paso del tiempo.

1.2.12. Sismicidad y margas, amplificación, fallas, topografía, urbanismo. La vulnerabilidad sísmica: fallas, tectónica, sismicidad histórica, el terremoto de Pamplona de 1903, el efecto sitio, la amplificación de las ondas, consideraciones topográficas, el urbanismo que mira hacia el siglo XXI.

1.2.13. La problemática singular del patrimonio histórico: casos concretos y peculiaridad intrínseca de estos materiales con respecto a las edificaciones monumentales.

1.2.14. Conclusiones

1.2.15. Anexo especial: Propuesta de protocolos para elaborar normativas geotécnicas en el área estudiada.

Referencias Bibliográficas: Más de 3000 informes y estudios realizados por el autor. Mapas y estudios geológicos, geotécnicos, hidrológicos, urbanísticos, sismológicos, etc., de la zona de Pamplona.

GEOTERMOMETRÍA DEL SISTEMA GEOTERMAL DE ARNEDILLO (LA RIOJA)

Mónica Blasco Castellón

monicabc@unizar.es

En este estudio se pretende determinar la temperatura de las aguas en el reservorio del sistema geotermal de Arnedillo, alojado en materiales carbonatados. Las surgencias de estas aguas termales se sitúan en la localidad de Arnedillo, en la provincia de la Rioja (España). Geológicamente se localizan en la parte NO de la Cordillera Ibérica, en el contacto entre la Sierra de Cameros y la Cuenca terciaria del Ebro (Coloma et al., 1997). El acuífero se encuentra en los carbonatos del Jurásico Inferior en contacto con la Facies Keuper, y las aguas termales surgen en los afloramientos de estos materiales (Coloma et al., 1997).

Se tomaron dos muestras de las aguas termales siguiendo los procedimientos estándar, una de ellas en el interior del balneario y otra en unas piscinas naturales existentes junto al río Cidacos. Los cationes mayores se analizaron mediante ICP-OES, los cationes menores mediante ICP-MS, la alcalinidad mediante valoración, los cloruros y fluoruros mediante electrodos selectivos y los sulfatos mediante el método de la colorimetría.

Las aguas son de tipo clorurado-sódico, con una temperatura de surgencia de 45 °C en el caso de la muestra tomada en el balneario y de 40 °C en la muestra tomada en las piscinas, ya que puede haber sufrido un mayor enfriamiento. En ambas muestras el pH es próximo a 7 y el TSD de unos 7300 ppm.

La temperatura de las aguas en profundidad se ha calculado mediante el uso de dos técnicas diferentes: los geotermómetros químicos y la modelización geotermométrica.

Geotermómetros químicos

Los geotermómetros químicos son ecuaciones basadas en reacciones químicas heterogéneas dependientes de la temperatura y que, en condiciones de equilibrio, son las que controlan los contenidos de ciertos elementos disueltos en las aguas. Actualmente existen un gran número de geotermómetros y calibrados propuestos por diferentes autores (ver por ejemplo la revisión de D'Amore and Arnórsson, 2000). Los geotermómetros catiónicos suelen ser considerados inapropiados para sistemas carbonatado-evaporíticos ya que no se espera que las aguas alcancen el equilibrio con las fases en que se basan. Los geotermómetros que se consideran más adecuados son los de la sílice y los específicos para este tipo de sistemas (Ca-Mg y SO₄-F) propuestos por Chiodini et al. (1995).

Para comprobar el funcionamiento de los distintos geotermómetros, en este trabajo se han utilizado algunos de los catiónicos, dos de la sílice y los específicos para este tipo de sistemas. Los resultados obtenidos se muestran en la Tabla 1.

Tabla 1. Resultados obtenidos con diferentes geotermómetros y calibrados (ver D'Amore y Arnórsson (2000) para los calibrados de los geotermómetros catiónicos y de la sílice).

Geotermómetro	Calibrado	AR1	AR2
SiO ₂ -cuarzo	Fournier (1977)	95	93
SiO ₂ -calcedonia	Fournier (1977)	65	62
Na-K	Giggenbach (1988)	97	105
	Fournier (1979)	75	84
K-Mg	Giggenbach et al. (1983)	61	64
Na-K-Ca	Fournier y Truesdell (1973)	88	91
Ca-Mg	Chiodini et al. (1995)	109	110
SO ₄ -F	Chiodini et al. (1995)	-8	-9

La mayoría de los resultados indican temperaturas entre 75 y 105°C, excepto en los casos que se detallan a continuación:

1. El geotermómetro SiO₂-calcedonia proporciona una temperatura inferior, lo que junto con la temperatura más coherente proporcionada por el SiO₂-cuarzo, sugiere que es el cuarzo la fase que

controla los contenidos de la sílice en este sistema.

2. El geotermómetro K-Mg también proporciona temperaturas menores, lo que puede ser debido a que los contenidos de K y Mg no están controlados por las fases usadas para definir el geotermómetro.

3. El geotermómetro Ca-Mg proporciona temperaturas algo elevadas, posiblemente debido a las incertidumbres asociadas al grado de orden/desorden de la dolomita.

4. Finalmente, el geotermómetro $\text{SO}_4\text{-F}$ proporciona resultados incoherentes, debido a que en el reservorio las aguas no están en equilibrio con fluorita.

Modelización geotermométrica

En la modelización geotermométrica se simula un incremento de la temperatura de las aguas hasta encontrar el punto en el que los estados de saturación de un conjunto de minerales, previsiblemente presentes en el reservorio, convergen simultáneamente hacia el equilibrio. Este cálculo se ha realizado con el código de modelización geoquímica PHREEQC (Parkhurst y Appelo, 2013) y la base de datos termodinámicos LLNL.

En el proceso de modelización se ha identificado la actuación de un proceso de pérdida de CO_2 en las aguas que ha obligado a reconstruir su composición original en profundidad añadiendo CO_2 . En la figura 2 se muestra el resultado obtenido en la modelización tras esta reconstrucción. La temperatura de equilibrio se sitúa entre 80 y 100 °C.

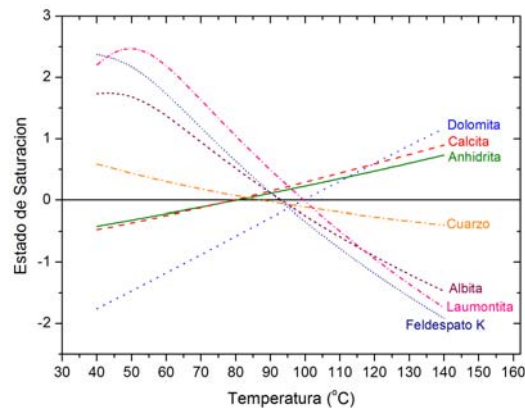


Figura 1. Resultados obtenidos en la modelización geotermométrica de la muestra AR2 después de reconstruir el agua en profundidad añadiendo CO₂.

Conclusiones

Combinando los resultados obtenidos con ambas técnicas, y excluyendo los resultados que no han dado valores coherentes por ser inadecuados, se puede establecer una temperatura de las aguas en el reservorio de 90 ± 15 °C siendo los minerales en equilibrio con las aguas: calcita, cuarzo, anhidrita, albita, feldespato K y otras fases aluminosilicatadas (representadas, en este caso, por la pirofilita).

Referencias Bibliográficas

Chiodini, G., Frondini, F. y Marini, L. (1995). Theoretical geothermometers and pCO₂ indicators for aqueous solutions coming from hydrothermal systems of medium-low temperature hosted in carbonate-evaporite rocks. Application to the thermal springs of the Etruscan Swell. Italy. *Applied Geochemistry*, 10, 337–346.

Coloma, P., Sánchez, J.A., Martínez, F.J. y Pérez, A. (1997). El drenaje subterráneo de la Cordillera Ibérica en la Depresión terciaria del Ebro. *Revista de la Sociedad Geológica España*, 10, 205–218.

D'Amore, F. y Arnórsson, S. (2000). Geothermometry. In: Arnórsson S. (Ed.), *Isotopic and Chemical Techniques in Geothermal Exploration, Development and Use* (152-199). Vienna: International Atomic Agency.

Parkhurst, D.L. y Appelo, C.A.J. (2013). Description of Input and Examples for PHREEQC Version 3. A Computer Program for Speciation, Batch Reaction, One Dimensional Transport, and Inverse Geochemical Calculations. In: U.S. Geological Survey (Ed.), *Techniques and Methods, Book 6, Chap. A43*. Denver, Colorado: U.S. Geological Survey.

NUEVOS DATOS SOBRE LA LOCOMOCIÓN DEL SIRENIO DE SOBRARBE (EOCENO MEDIO, HUESCA)

Ester Díaz Berenguer
ester.berenguer@gmail.com

Los sirenios son mamíferos marinos herbívoros completamente adaptados a la vida acuática. Uno de los temas más interesantes es el estudio del esqueleto locomotor de este orden de mamíferos con el fin de averiguar cómo a partir de sus ancestros terrestres estos tetrápodos vuelven al mar. Uno de los cambios más significativos en el patrón corporal de los sirenios se produce en la cintura pélvica y en las extremidades posteriores, vestigiales en las especies actuales. Los sirenios aparecieron a finales del Eoceno inferior (Savage, 1994), y ya en el Eoceno medio existían tres familias que evidencian diferentes estados de adaptación a la vida acuática (Domning, 2000). Los prorastómidos, animales anfibios, presentan un sacro multivertebral y unas extremidades posteriores similares a las de los mamíferos terrestres; los protosirénidos presentan un sacro reducido a una única vértebra y unas extremidades posteriores reducidas con respecto a las anteriores; los dugóngidos ya carecen de extremidades posteriores exteriores (Domning, 2000).

En el yacimiento de Castejón de Sobrarbe-41 (CS-41) (Comarca de Sobrarbe, Huesca), de edad Luteciense medio (Eoceno medio), se han recuperado más de 300 fósiles pertenecientes a una nueva especie de sirenio. La hemipelvis incompleta y el fémur y la fíbula recuperados en las primeras campañas permitieron identificar en Huesca al primer sirenio Luteciense de Europa que presentaría extremidades posteriores funcionales (Díaz-Berenguer et al., 2014). En la actualidad, en el Museo de Ciencias Naturales de la Universidad de Zaragoza se encuentra una de las colecciones fósiles de sirenios Lutecienses más completas del mundo (Díaz-Berenguer et al., 2017). Se conocen casi todos los huesos del esqueleto de la nueva especie, siendo especialmente interesantes, por la

información que están aportando sobre su adaptación a la vida acuática, los fósiles de la columna vertebral, la cintura pélvica y las extremidades posteriores, entre los que se encuentran las piezas que recientemente se han recuperado y estudiado: una vértebra sacra, una hemipelvis derecha, una cabeza femoral y dos rótulas.

La vértebra sacra presenta unos procesos transversos cortos y engrosados dorsoventralmente. El extremo distal de los procesos tiene forma hexagonal y una superficie rugosa para la articulación con el ilion. En la cara posterior de los procesos se observa una superficie biselada donde contactaría una vértebra sacra posterior, lo que evidencia la existencia de un sacro formado por al menos dos vértebras sin fusionar.

La hemipelvis derecha está completa y es alargada y estrecha. El ilion, en forma de vara, presenta una espina dorsal ilíaca que aparece abruptamente y tiene una superficie dorsal aplanada. El borde dorsal del ilion presenta una espina posterior. El acetábulo es profundo y está bien desarrollado, a diferencia del acetábulo reducido e inclinado de los protosirénidos (Gingerich et al., 1995). El foramen obturador es grande y tiene forma de lágrima, similar al de los prorastómidos. La sínfisis púbica es larga y rugosa lo que indica que las hemipelvis aún estaban unidas en este taxón. El isquion está ensanchado, pero presenta una rotación con respecto al eje principal de la hemipelvis, menor que los protosirénidos (Gingerich et al., 1995). La morfología del ilion y la presencia de una espina posterior son caracteres autopomórficos del sirenio de Sobrarbe.

Las rótulas presentan una morfología en forma de lágrima similar a la rótula descrita para el prorastómido *Pezosiren portelli* (Domning, 2001) y diferente a las rótulas redondeadas de los protosirénidos (Domning & Gingerich, 1994).

La cabeza femoral tiene forma subredondeada y conserva una superficie de articulación de 8 mm de altura, más parecida a la cabeza femoral redondeada de los prorastómidos (Domning, 2001) y diferente de la cabeza femoral aplanada y en forma de judía de los protosirénidos (Domning & Gingerich, 1994). Las diferentes morfologías de las cabezas femorales indican diferencias en la capacidad y dirección de rotación de las extremidades posteriores. La forma de la superficie de articulación de

la cabeza femoral recuperada en CS41 evidencia una capacidad de movimiento reducida con respecto a los prorastómidos, y diferente a la de los protosirénidos.

Los nuevos huesos de la cintura pélvica y de las extremidades posteriores recuperados indican que esta nueva especie de sirenio del Luteciense (Eoceno medio) poseía un sacro multivertebral formado por vértebras con procesos transversos cortos, una pelvis primitiva en la que ambas hemipelvis estaban aún unidas y una rótula y una cabeza femoral más parecidas a las descritas para los anfibios prorastómidos y diferentes a las de los acuáticos protosirénidos. Todos estos datos evidencian que el sirenio de Sobrarbe se encuentra en un estado de adaptación a la vida acuática diferente a los descritos hasta el momento. El estudio en detalle de la morfología funcional del esqueleto postcranial va a permitir conocer la capacidad de movimiento de sus extremidades posteriores y su implicación en la natación.

Referencias Bibliográficas

Díaz-Berenguer, E., Badiola, A., Canudo, J. (2014). First mention of sirenians (Mammalia) with functional hind limbs in Europe (Lutetian, Southern Pyrenees, Spain). *Journal of Vertebrate Paleontology, Program and Abstracts*, 120.

Díaz-Berenguer, E., Badiola, A., Canudo, J. (2017). Unexpected abundance of Lutetian sirenian fossil sites from the southern Pyrenees (Huesca, Spain). *Eight International Meeting of Secondary adaptation of tetrapods to life in water*, (O. Hampe, D. Schwarz and M. Voss, eds.) Berlín, 3-8 April, Abstract volume, p. 26.

Domning, D.P. & Gingerich, P.D. (1994). *Protosiren smithae*, new species (Mammalia, Sirenia) from the late middle Eocene of Wadi Hitan (Egypt). *Contributions from the Museum of Paleontology*, 29, 69-87.

Domning, D. P. (2000). The readaptation of Eocene sirenians to life in water. *Historical Biology*, 14(1-2), 115-119.

Domning, D.P. (2001). The earliest known fully quadrupedal sirenian. *Nature*, 413, 625-627.

Gingerich, P. D., Arif, M., Bhatti, M. A., Raza, H. A., & Raza, S. M. *Protosiren and Babiacetus* (Mammalia, Sirenia and Cetacea) from the middle Eocene Drazinda Formation, Sulaiman Range, Punjab (Pakistan). *Museum of Paleontology, University of Michigan*, 29 (12), 331-357.

Savage, R. J. G., Domning, D. P. & Thewissen, J. G. M. (1994). Fossil Sirenia of the West Atlantic and Caribbean region. V. The most primitive known sirenian, *Prorastomus sirenoides* Owen, 1855. *Journal of Vertebrate Paleontology*, 14 (3), 427-449.

RECONSTRUCCIÓN, MEDIANTE TRENCHING, GPR Y ERI, DE LA ESTRUCTURA INTERNA Y LA EVOLUCIÓN DE LAS DOLINAS DEL VALLE DEL FLUVIÀ (GERONA, ESPAÑA)

Ivan Fabregat González

ifago@unizar.es

Los estudios específicos dirigidos a caracterizar las dolinas dañinas han recibido una atención limitada en comparación con otros fenómenos de inestabilidad del suelo (por ej., deslizamientos de tierra, ver Gutiérrez et al., 2015). Por otra parte, la viabilidad de la técnica de excavación de zanjas en combinación con el análisis de datación numérica y de retro-deformación para investigaciones de dolinas ha sido escasamente explorada. Este trabajo ilustra las ventajas de combinar la cartografía geomorfológica, la resistividad eléctrica (ERI), el georadar (GPR) y la excavación de zanjas para la caracterización de dolinas y muestra cómo la técnica de zanjeo contribuye a llenar vacíos significativos que ni los métodos geomorfológicos ni geofísicos pueden abordar (Fabregat et al., 2017).

Se investigaron dos grandes dolinas (Hostalnou >70 m y, Besalú N >130 m de largo) relacionadas con la karstificación interstratal de las evaporitas y generadas por distintos mecanismos de hundimiento (flacidez, colapso) en el Valle de Fluvia (NE, España) (para más información, sobre el área de estudio, ver Gutiérrez et al., 2016; Linares et al., 2017 y sus referencias).

Aunque los datos GPR pueden proporcionar información de alta resolución sobre las características estratigráficas y estructurales relacionadas con el hundimiento a poca profundidad (Neal, 2004), los perfiles obtenidos, en las áreas examinadas, con antenas blindadas de 100 y 40 MHz nos ofrecieron una visión limitada de la geometría interna de las dolinas debido a la reducción de la penetración de la señal causada por la presencia de material arcilloso conductor (Fig. 1 y 2).

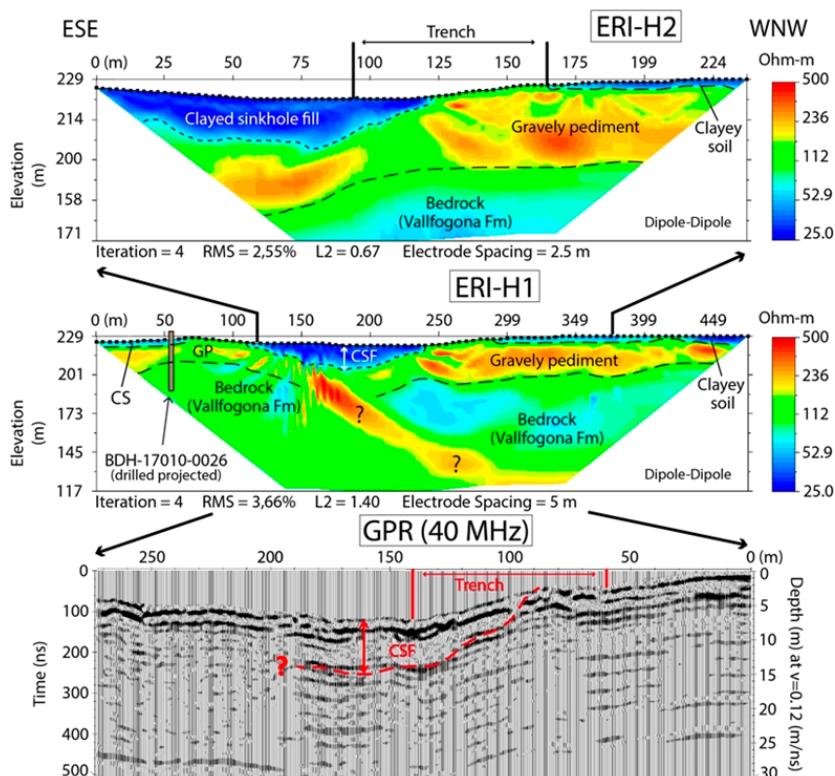


FIGURA 1. Secciones ERI y GPR de 40 MHz de la Dolina de Hostalnou. En ellas podemos apreciar la buena calidad de la ERI.

En cambio, las secciones ERI plasmaron una imagen satisfactoria de la geometría general de las estructuras de hundimiento visualizando profundidades mayores de 100 m (Zarroca et al., 2016), que claramente capturaron el contacto basal del relleno de la dolina, de baja resistividad en las secciones, con una disposición y resolución adecuadas (Fig. 1 y 2).

Con relación a las trincheras, a pesar de su limitada profundidad (unos 5 m), nos permitieron obtener una excelente información objetiva sobre varios aspectos clave del fenómeno de subsidencia: (1) mecanismos (estilo de deformación) y cinemática (progresiva vs. episódica); (2) límites de deformación del suelo; (3) evolución temporal

(expansión vs. contracción); (4) cronología y momento de la fase de deformación más reciente; (5) tasas de hundimiento y sedimentación; y (6) el papel desempeñado por el hundimiento en el desarrollo de ambientes lacustres y los patrones de sedimentación asociados.

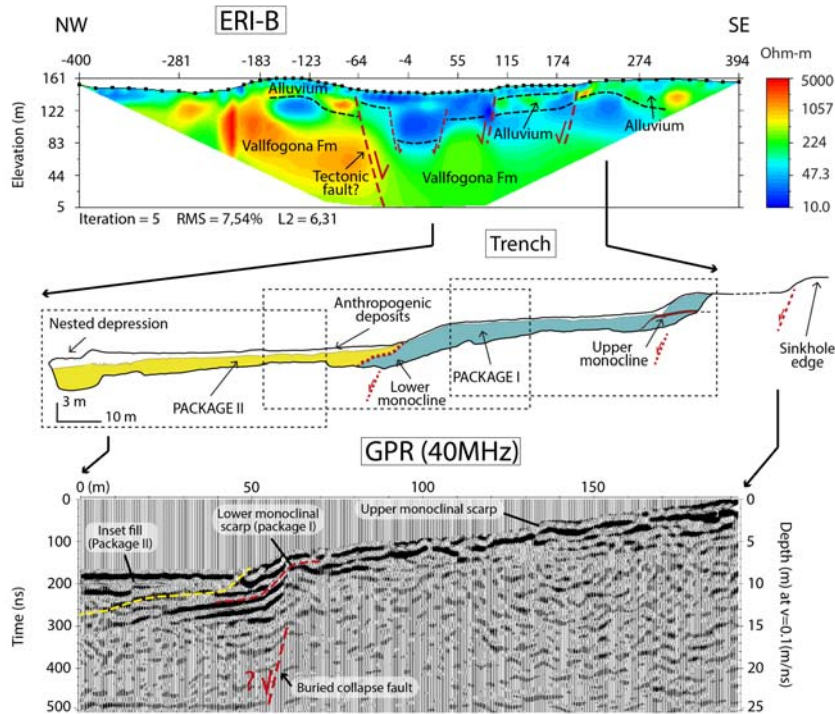


FIGURA 2. Sección ERI, Trinchera esquemática y GPR de 40 MHz de la dolina de Besalú N.

En resumen, toda esta información puede utilizarse como una base objetiva para evaluar el riesgo asociado a las dolinas específicamente problemáticas y prever su comportamiento futuro para poder mitigar su peligrosidad.

Referencias bibliográficas

Fabregat, I., Gutiérrez, F., Roqué, C., Comas, X., Zarroca, M., Carbonel, D., Guerrero, J., Linares, R., (2017). Reconstructing the internal structure and long-term evolution of hazardous sinkhole combining trenching, electrical resistivity imaging (ERI) and ground penetrating radar (GPR). *Geomorphology* 285, 287–301

Gutiérrez, F., Linares, R., Roqué, C., Zarroca, M., Carbonel, D., Rosell, J., Gutiérrez, M. (2015). Large landslides associated with a diapiric fold in Canelles Reservoir (Spanish Pyrenees): detailed geological–geomorphological mapping, trenching and electrical resistivity imaging. *Geomorphology* 241, 224–242.

Gutiérrez, F., Fabregat, I., Roqué, C., Carbonel, D., Guerrero, J., García-Hermoso, F., Zarroca, M., Linares, R. (2016). Sinkholes and caves related to evaporite dissolution in a stratigraphically and structurally complex setting, Fluvia Valley, eastern Spanish Pyrenees. Geological, geomorphological and environmental implications. *Geomorphology* 267, 76–97.

Linares, R., Roqué, C., Gutiérrez, F., Zarroca, M., Carbonel, D., Bach, J., Fabregat, I. (2017). The impact of droughts and climate change on sinkhole occurrence. A case study from the evaporite karst of the Fluvia Valley, NE Spain. *Science of The Total Environment*, 579, 345–358.

Neal, A. (2004). Ground-penetrating radar and its use in sedimentology: Principles, problems and progress. *Earth-Science Reviews* 66, 261–330.

Zarroca, M., Linares, R., Roqué, C., Fabregat, I., Gutiérrez, F., Carbonel, D., Guerrero, J. (2016). Aplicación de la tomografía eléctrica de resistividades (ERT) a la investigación de dolinas en el karst evaporítico del Valle del Fluvià (NE de España). In: Durán, J.J., Montes, M., Robador, A., Salazar, A. (Eds.). *Comprendiendo el relieve: del pasado al futuro*. Instituto Geológico y Minero de España, Madrid, pp. 695–702.

DESARROLLO METODOLÓGICO PARA LA ELABORACIÓN DE CARTOGRAFÍA GEOLÓGICA MEDIANTE ANÁLISIS MULTICRITERIO DE DATOS DE TELEDETECCIÓN ESPACIAL

Lara Fernández Fornos

lfernandez@geodim.es

El desarrollo de muchos países, especialmente en África, Asia y Latinoamérica, pasa por la mejora del conocimiento y la valorización institucional de sus recursos geológicos, más allá de los estudios puntuales realizados para la explotación de minerales e hidrocarburos que se han ido llevando a cabo hasta la fecha. La cartografía geológica existente en estos países, si es de detalle, está fragmentada; y si tiene cobertura nacional, es de pequeña escala (1:1.000.000).

La cartografía geológica debe ser la información base para la exploración y explotación de los recursos naturales de un país, pero también es fundamental para un uso adecuado y sostenible del territorio.

La elaboración de un mapa geológico, a partir de técnicas tradicionales, es un proceso lento y costoso, con un gran trabajo de campo y cuyos resultados están sujetos a una revisión continua.

El objetivo de esta tesis doctoral es el desarrollo de una metodología para la elaboración de Cartografía Geológica hasta escalas 1:50.000, mediante la integración de datos gratuitos obtenidos desde satélite, como imágenes multispectrales y multitemporales (Sentinel 2, ASTER y Landsat) y Modelos Digitales del Terreno (SRTM y ASTER GDEM) con cartografía geológica preexistente.

Para llevar a cabo este desarrollo metodológico se han escogido 3 zonas piloto en la República de Angola (África). Estas tres zonas representan tres ambientes diferenciados y representativos, tanto desde el

punto de vista geológico como biogeográfico, en las que ensayar la potencialidad de los datos de satélite y la capacidad para convertir dichos datos en información geológica.

Angola es un país de 1.246.700 km², situado en la parte occidental del África austral, con una extensión N-S de 1.300 km y E-O de aproximadamente 1.250 km. En la parte Oeste del país y distribuyéndose de Norte a Sur, se encuentra el borde SW del cratón de Congo-Kasai, constituido por un núcleo de materiales Arcaicos y series Proterozoicas. Estos materiales han sufrido una intensa deformación y metamorfismo, a menudo con superposición de eventos tectono-magmáticos, sobre los que se dispone una cubierta Mesozoica y Cenozoica poco potente. Y en la parte Este destacan extensas planicies con largos y suaves valles.

En Angola, la exploración minera tiene una gran importancia para la economía nacional. En el momento actual existen yacimientos de petróleo, diamantes y rocas ornamentales y, a lo largo del pasado, Angola ha tenido más de 18 tipos de recursos minerales en explotación, de los cuales 14 eran destinados a la exportación: petróleo, diamantes, hierro, manganeso, cobre, plomo, zinc... (Servicio Geológico de Angola, 1992).

Los trabajos de investigación se van a centrar en tres zonas piloto localizadas en las provincias de Namibe (SW), Uíge (N) y Moxico (E). La primera de ellas, Namibe, presenta abundantes afloramientos rocosos, la segunda, Uíge, se caracteriza por una densa cubierta vegetal y, por último, Moxico se caracteriza por estar cubierta por arenas del Kalahari y materiales cuaternarios. De este modo, la metodología analizará diferentes respuestas espectrales en función de los afloramientos litológicos y las cubiertas vegetales existentes (Figura 1).

Hasta el momento, las aplicaciones más comunes de las Técnicas de Observación de la Tierra en Geología, han sido en el análisis de la litología y en el estudio de las estructuras del terreno, aunque cada día es más frecuente su uso en aspectos multidisciplinarios de la geología (Van de Meer, 2012).

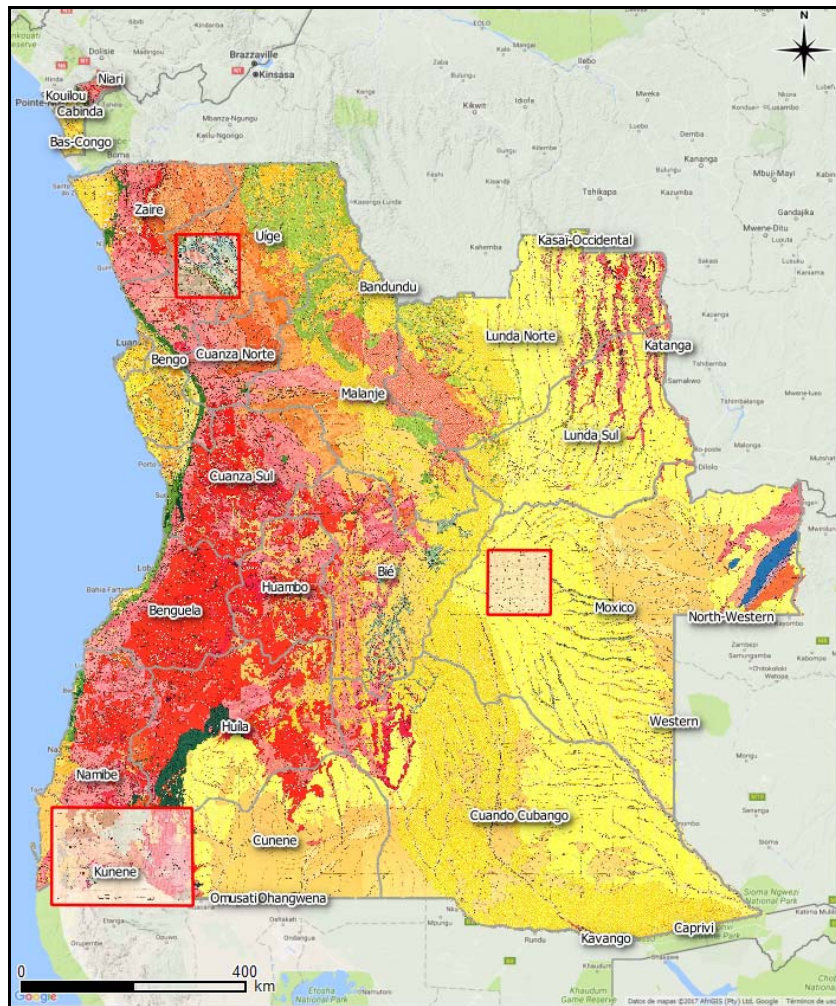


Figura 1. Localización de las zonas piloto.

La comunidad geológica ha influido notablemente en el desarrollo tecnológico de muchos de los sensores pasivos (multiespectrales e

hiperespectrales) y de los sensores activos (SAR e InSAR). Sabins (1996), con carácter general y Drury (1987) en su libro, *Image Interpretation in Geology*, desarrollaron las bases del empleo de la teledetección en Geología.

Los datos multiespectrales, principalmente de los satélites Landsat (MSS, TM y ETM) y Terra (ASTER), han focalizado la mayoría de los estudios en cartografía litológica, identificación de estructuras geológicas y reconocimiento de alteraciones mineralógicas. Los datos Landsat TM se han empleado en aplicaciones propiamente geológicas (Schetselaar et al., 2000; Fraser et al., 1997), pero también en estudios litológicos (Gad and Kusky, 2006) y estructurales (Boccaletti et al., 1998; Yesou et al., 1993); en la cartografía y seguimiento de depósitos volcánicos (Oppenheimer et al., 1993), en la cartografía de barreras coralinas (Mumby et al., 1997), en la localización de depósitos de petróleo (Macdonald et al., 1993), en la cartografía de deslizamientos (Singhroy et al., 1998; Lee and Talib, 2005) y en temas relacionados con exploración minera (Abdelsalam et al., 2000; Sabins, 1999; Ferrier et al., 2002). Además, las imágenes Landsat se han integrado con datos geofísicos y espaciales (tipo SAR) para la realización de cartografías de detalle (Kettles et al., 2000).

En África, contamos con experiencias como la cartografía geológica del margen oeste del desierto del Kalahari en Namibia, utilizando imágenes Terra ASTER (Gómez et al., 2004), o la cartografía geológica de Mozambique utilizando como base la interpretación geológica basada en datos de teledetección (Schetselaar et al., 2008).

Sin embargo, los datos de la serie de satélites Sentinel, lanzados a mediados del año 2015, con resoluciones espaciales de 10 metros y temporales de 5 días, aún no han sido empleados en estudios geológicos de detalle.

Los resultados obtenidos mediante el análisis multicriterio serán contrastados y validados con los datos del proyecto PLANAGEO (Plan Nacional de Geología) del Ministerio de Geología y Minas de Angola que

se está llevando a cabo en la actualidad para realizar la cartografía geológica del país a escala 1:250.000.

Referencias Bibliográficas

- Abdelsalam, M.G., Stern, R.J., Berhane, W.G., 2000. Mapping gossans in arid regions with landsat TM and SIR-C images: the Beddaho Alteration Zone in northern Eritrea. *Journal of African Earth Sciences* 30, 903–916.
- Boccaletti, M., Bonini, M., Mazzuoli, R., Abebe, B., Piccardi, L., Tortorici, L., 1998. Quaternary oblique extensional tectonics in the Ethiopian Rift (Horn of Africa). *Tectonophysics* 287, 97–116.
- Drury, S.A., 1987. *Image Interpretation in Geology*. Allen & Unwin, Boston.
- Ferrier, G., White, K., Griffiths, G., Bryant, R., Stefouli, M., 2002. The mapping of hydrothermal alteration zones on the island of Lesbos, Greece using an integrated remote sensing dataset. *International Journal of Remote Sensing* 23, 341–356.
- Fraser, A., Huggins, P., Rees, J., Cleverly, P., 1997. A satellite remote sensing technique for geological structure horizon mapping. *International Journal of Remote Sensing* 18, 1607–1615.
- Gad, S., Kusky, T., 2006. Lithological mapping in the Eastern Desert of Egypt, the Barramiya area, using Landsat thematic mapper (TM). *Journal of African Earth Sciences* 44, 196–202.
- Gomez, C.; Delacourt, C.; Allemand P.; Ledru, P. and Wackerle, R., 2004. Using ASTER remote sensing data set for geological mapping, in Namibia. *Physics and Chemistry of the Earth*, 30, 97–108.
- Kettles, I.M., Rencz, A.N., Bauke, S.D., 2000. Integrating Landsat, geologic, and airborne gamma ray data as an aid to surficial geology mapping and mineral exploration in the Manitouwadge area, Ontario. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing* 66, 437–445.
- Lee, S., Talib, J.A., 2005. Probabilistic landslide susceptibility and factor effect analysis. *Environmental Geology* 47, 982–990.
- Macdonald, I.R., Guinasso, N.L., Ackleson, S.G., Amos, J.F., Duckworth, R., Sassen, R., Brooks, J.M., 1993. Natural oil-slicks in the Gulf-of-Mexico visible from space. *Journal of Geophysical Research—Oceans* 98, 16351–16364.

- Mumby, P.J., Green, E.P., Edwards, A.J., Clark, C.D., 1997. Coral reef habitat-mapping: how much detail can remote sensing provide? *Marine Biology* 130, 193–202.
- Oppenheimer, C., Francis, P.W., Rothery, D.A., Carlton, R.W.T., Glaze, L.S., 1993. Infrared image-analysis of volcanic thermal features—Lascar volcano, Chili, 1984–1992. *Journal of Geophysical Research—Solid Earth* 98, 4269–4286
- Sabins, F.F., 1996. *Remote Sensing: Principles and Interpretation*. Worth publishers, New York
- Sabins, F.F., 1999. Remote sensing for mineral exploration. *Ore Geology Reviews* 14, 157–183.
- Schetselaar, E.M., Chung, C.J.F., Kim, K.E., 2000. Integration of Landsat TM, gamma-ray, magnetic, and field data to discriminate lithological units in vegetated granite-gneiss terrain. *Remote Sensing of Environment* 71, 89–105.
- Schetselaar, E.; Tiainen, M. & Woldai, T. 2008. Integrated geological interpretation of remotely sensed data to support geological mapping in Mozambique in GTK Consortium Geological Surveys in Mozambique 2002–2007, edited by Yrjö Pekkala, Tapio Lehto & Hannu Mäkitie Geological Survey of Finland, Special Paper 48, 35–63.
- Servico Geológico de Angola. 1992. *Geologia de Angola. Notícia explicativa da carta geológica à escala 1:1.000.000*. Luanda. 137pp
- Singhroy, V., Mattar, K.E., Gray, A.L., 1998. Landslide characterisation in Canada using interferometric SAR and combined SAR and TM images. In: Susskind, J., Singhroy, V., Tanaka, S. (Eds.), *Remote Sensing: Inversion Problems and Natural Hazards*.
- Van de Meer, F D., et al 2012. Multi- and hyperspectral geologic remote sensing: A review. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 14: 112 - 128.
- Yesou, H., Besnus, Y., Rolet, J., 1993. Extraction of spectral information from Landsat-TM data and merger with SPOT panchromatic imagery - a contribution to the study of geological structures. *Isprs Journal of Photogrammetry and Remote Sensing* 48, 23–36.

QUIRÓPTEROS FÓSILES DEL CUATERNARIO DE ARAGÓN Y EL NORTE DE LA PENÍNSULA IBÉRICA. MEMORIA DE UNA TESIS EN MURCIÉLAGOS

Julia Galán García

Grupo Aragosaurus-IUCA. Facultad de Ciencias. Dpto. Ciencias de la Tierra, Área de Paleontología. Universidad de Zaragoza, 50006. Zaragoza (España)

galanj@unizar.es

El volumen de trabajo realizado sobre el registro fósil cuaternario del orden Chiroptera (Mammalia) es escaso en la Península Ibérica si se compara con otros grupos de pequeños mamíferos. En esta tesis se plantean los objetivos de: (1) ampliar el registro de quirópteros fósiles en nuestra región (Aragón); (2) estudiar la variación de las asociaciones de quirópteros en una secuencia estratigráfica continental completa del Cuaternario de España (yacimientos de la Sierra de Atapuerca, Burgos, Pleistoceno Inferior a Medio); y (3) aportar, si es posible, nuevas soluciones al problema de la identificación de restos fragmentarios.

Para ello, se ha estudiado material fósil procedente de distintos yacimientos y cronologías. Los yacimientos de Atapuerca estudiados han sido La Sima del Elefante (Unidad Inferior Roja, Pleistoceno Inferior) y La Gran Dolina (Unidad Inferior, Pleistoceno Inferior; y Unidad Superior, Pleistoceno Medio). En Aragón se han estudiado los yacimientos de AGP-7 (Zaragoza, Pleistoceno Superior) y varios puntos fosilíferos localizados en cavidades kársticas en los Pirineos en ambiente de alta montaña (Huesca, Pleistoceno Superior-Holoceno). La autora ha participado activamente en el proceso de recuperación del material fósil de todos los yacimientos excepto AGP-7, ya sea durante las campañas de excavación (yacimientos en los Pirineos) o en el proceso de lavado-tamizado del sedimento (yacimientos de Atapuerca).

Además, una parte fundamental del trabajo realizado ha sido la toma de datos sobre material actual (estudios de anatomía comprada), para lo cual ha sido necesario visitar colecciones de murciélagos esqueletizados

depositados en distintas instituciones científicas tanto nacionales (Estación Biológica de Doñana) como internacionales (Università degli Studi de Ferrara, Muséum national d'Histoire naturelle de Paris, Smithsonian Institution, Division of Mammals de Washington DC). Durante el periodo de realización de la tesis, la autora ha realizado también una pequeña labor de identificación y recuperación de restos esqueléticos de quirópteros actuales con el objetivo de donarlos a la colección del Museo de Ciencias Naturales de Zaragoza.

Por el momento, las aportaciones científicas realizadas se resumen en las siguientes. En primer lugar, descripción de la asociación de quirópteros del Pleistoceno Superior de AGP-7 e interpretación paleoambiental (Galán et al., 2016). En segundo lugar, descripción de la asociación de quirópteros del Pleistoceno Inferior de la secuencia TELRU de la Sima del Elefante e interpretación de las variaciones a lo largo de la misma (Galán et al., 2016). Además de estos dos trabajos publicados, se encuentran en revisión sendos artículos referidos, por un lado, al estudio de la asociación de murciélagos del tránsito Pleistoceno-Holoceno de la Cueva de los Batanes (Huesca); por otro, al estudio morfométrico de las dos especies crípticas de murciélagos ratoneros de gran tamaño que habitan en nuestro país *Myotis myotis* y *Myotis blythii*. Por último, se encuentra en preparación un trabajo referido a la asociación de los quirópteros fósiles de la secuencia completa del yacimiento de la Gran Dolina.

Referencias Bibliográficas

Galán, J., Cuenca-Bescós, G., López-García, J.M., Sauqué, V. and Núñez-Lahuerta, C. (2016). Fossil bats from the Late Pleistocene site of the Aguilón P7Cave (Zaragoza, Spain), *CR Palevol*, 15 (5), 501-514.

Galán, J., Cuenca-Bescós, G. and López-García, J.M. (2016). The fossil bat assemblage of Sima del Elefante Lower Red Unit (Atapuerca, Spain): First results and contribution to the palaeoenvironmental approach to the site. *CR Palevol*, 15 (6), 647-657.

DESARROLLO DE INSTRUMENTO PORTÁTIL DESTINADO A IDENTIFICAR PROPIEDADES MECÁNICAS DE LOS ELEMENTOS CONSTRUCTIVOS MEDIANTE MÉTODOS NO DESTRUCTIVOS: CAPTACIÓN Y TRATAMIENTO DE LA SEÑAL

Joaquín Lasiera Liarte

Área de Petrología y Geoquímica. Departamento de Ciencias de la Tierra

Facultad de Ciencias. Universidad de Zaragoza

joaquinlasierra@gmail.com

Introducción

Problemática relativa al desarrollo del sistema de captación y tratamiento de la señal de la invención consistente en un instrumento portátil capaz de caracterizar mecánicamente el estado mecánico de un material y/o elementos constructivos pertenecientes a un conjunto de alto valor patrimonial sin causar daño alguno sobre la muestra.

Descripción del instrumento

Tal y como se recoge en el documento de patente, el instrumento se describe del siguiente modo:

- La invención se enmarca dentro del campo técnico correspondiente a los dispositivos para medición de propiedades físicas de diferentes objetos.
- Más concretamente, la invención se refiere a un dispositivo para la medida no destructiva de propiedades físicas tales como densidad, resistencia mecánica, adhesión de las capas y presencia de poros; mediante registro de ruido y/o vibraciones al impactar sobre un elemento constructivo..

- Su sector principal de aplicación es el análisis de materiales susceptibles de alteración mediante otras técnicas de evaluación destructivas, tales como obras de arte u objetos frágiles.

El instrumento se patenta en dos versiones diferenciadas por la trayectoria del elemento de impacto sobre las muestras: trayectoria pendular (Figuras 1 y 2) y trayectoria lineal (Figura 3). A su vez, la versión de trayectoria cilíndrica se divide en dos diseños atendiendo al tipo de transductor que registra la señal: micrófono o acelerómetro.

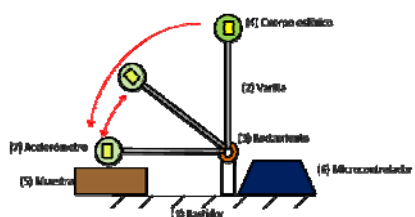


Figura 1. Versión: trayectoria pendular con micrófono.

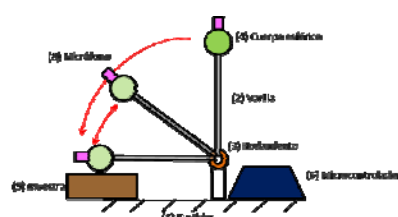


Figura 3. Versión: trayectoria pendular con acelerómetro.

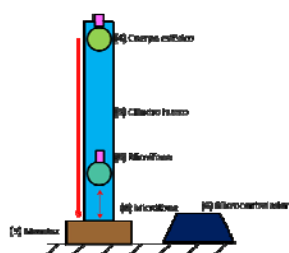


Figura 3. Versión: trayectoria lineal con micrófono.

Otras variaciones del instrumento, se dirigen a adecuar el material del elemento actuador a una aplicación concreta pudiendo conformarse éste con diversos grados de elasticidad (Figura 4).



Figura 4. Diversos materiales intercambiables para el elemento actuador.

Sistema de captación de datos: pruebas experimentales

El sistema de captación de datos debe cumplir dos condiciones obtenidas experimentalmente relativas al rango frecuencial de medición y a la sensibilidad de los transductores que registran de los niveles de ruido y/o vibraciones. Para obtener dichas, condiciones, se realizan una serie de ensayos a diversas que resuelven que:

- Las frecuencias más bajas del rango audible (frecuencias próximas a 20 Hz) son capaces de determinar el espesor de una muestra (Figura 5).
- Sensibilidades por encima de 1 dB, no permiten obtener información suficiente para diferenciar espesores de muestras del mismo material (Figura 6).

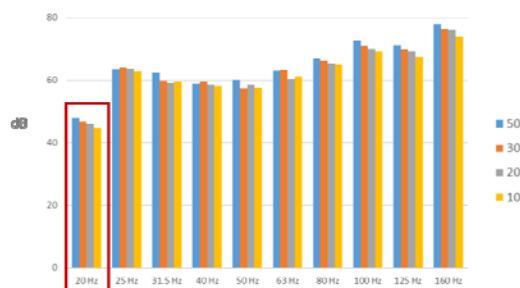


Figura 5. Registro de la señal en el dominio frecuencial: se aprecia cómo la frecuencia de 20 Hz ordena por nivel de ruido (dB) varias muestras de alabastro de distinto espesor (en mm).

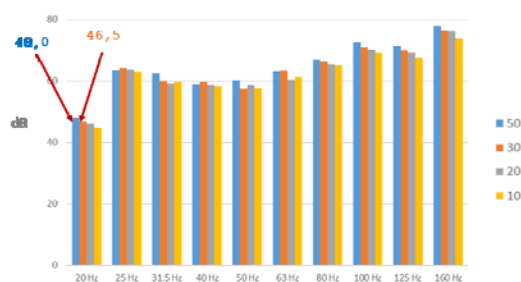


Figura 6. Registro de la señal en el dominio frecuencial: se aprecia cómo en la frecuencia de 20 Hz, las diferencias del ruido de muestras del mismo material con diferente espesor (en mm) corresponde a valores próximos a 1 dB.

Sistema de captación de datos: selección del transductor

Atendiendo a los requerimientos obtenidos de ensayos experimentales se selecciona un transductor para el registro de sonido e incluirlo en el instrumento portátil que cumple las siguientes características (Figura 7):

- Rango frecuencial: 20 Hz – 20 kHz
- Sensibilidad: 0,3 dB



Figura 7. Transductor de medición de ruido.

POTENCIAL PALEOAMBIENTAL DE LA CUEVA HELADA A294 A PARTIR DE POLEN Y MACRORRESTOS VEGETALES (MACIZO DE COTIELLA, PIRINEO CENTRAL)

María Leunda Esnaola

Departamento de Procesos Geoambientales y Cambio Global. Instituto Pirenaico de Ecología (IPE-CSIC). Avenida Montañana 1005, 50059 Zaragoza
mleunda@ipe.csic.es

Los ecosistemas alpinos son excelentes sensores para el estudio de cambios ambientales pasados debido a la gran sensibilidad y fragilidad que poseen. De este modo, las aproximaciones paleoambientales en áreas montañosas adquieren gran importancia de cara a identificar respuestas del sistema ante perturbaciones inducidas tanto climática como antropogénicamente. Aunque los registros lacustres son uno de los archivos paleoambientales más comunes, las cuevas heladas a pesar de su remota localización, pueden ser clave para realizar reconstrucciones detalladas en áreas de montaña. Las cuevas heladas son cavidades formadas en un sustrato rocoso que contienen acumulaciones perennes de agua en estado sólido (Perşoiu y Onac, 2012).

La ocurrencia de estos depósitos de hielo en la Península Ibérica es conocida desde hace décadas, aunque es en los últimos años cuando las cuevas heladas han adquirido relevancia científica. Estos depósitos de hielo, sin embargo, están sufriendo una dramática reducción como consecuencia del actual Cambio Global.

La cueva helada A294 se localiza en el macizo de Cotiella (Pirineo Central) dentro del circo de Armeña a 2238m s.n.m. Actualmente la cavidad se encuentra por encima del límite del bosque (delimitado por *Pinus uncinata* y situado a los ~2000m s.n.m.) por lo que el entorno de la cavidad no presenta vegetación leñosa, tan sólo parches de vegetación rocosa.

La cueva tiene una morfología de fondo de saco y es en el fondo de la cavidad donde se aloja el depósito de hielo de unos 8 m de espesor que procede de la transformación de nieve introducida en el interior

(hielo de transformación). El hielo presenta una estructura compleja bandeada, con varios niveles de crioclastos y niveles orgánicos en los que abundan los restos vegetales (Figura 1) (Sancho et al., 2012; Belmonte 2014; Belmonte et al., 2014).



Figura 1. Depósito de hielo de la Cueva Helada A294 (Macizo de Cotiella, Pirineo Central)

En julio de 2015 se realizó una campaña de campo para la toma de muestras en la que se extrajeron 23 muestras de restos orgánicos para realizar dataciones mediante AMS ^{14}C , 42 muestras para el análisis polínico y 50 para la identificación de macrorrestos vegetales. El modelo de edad realizado con las muestras de radiocarbono muestra que la cronología del depósito está comprendida entre 5680 y 2230 cal yr BP. La buena preservación de diferentes hojas, semillas acículas, frutos, flores y pólenes ha permitido su identificación. Los resultados preliminares muestran una buena correlación entre los resultados polínicos y de los

macrorrestos vegetales. Tanto el polen como los macrorrestos muestran mayor proporción de bosque caducifolio durante 5600-4700 cal yr BP y 4300-3500 cal yr BP, mientras que los pinos dominan durante los periodos 4700-4300 cal yr BP y 3200-2600 cal yr BP. Esta alternancia puede estar ocasionada por periodos de mayor o menor humedad. Cabe destacar también el brusco descenso de polen arbóreo que se observa en torno a 3500-3300 cal yr BP, aunque posteriormente se recupera. Es a partir de 3500 cal yr BP y hasta el techo de la secuencia (2230 cal yr BP) cuando se observa una clara expansión del componente herbáceo, inferido a partir tanto de macrorrestos como de polen.

Este estudio preliminar muestra por lo tanto que, las cuevas heladas albergan depósitos únicos y muy singulares, de gran potencial paleoambiental y requieren una atención investigadora urgente debido al riesgo inminente que existe de perder tanto el hielo de las cuevas como la valiosa información ambiental que poseen.

Referencias Bibliográficas

Belmonte-Ribas, A. (2014). Geomorfología del macizo de Cotiella (Pirineo oscense): cartografía, evolución paleoambiental y dinámica actual. Tesis Doctoral, Universidad de Zaragoza. 581 p.

Belmonte-Ribas, Sancho, C., Moreno, A., López-Martínez, J., Bartolomé, M. (2014). Present-day environmental dynamics in ice cave A294, Central Pyrenees, Spain. *Geografía Física e Dinámica Cuaternaria* 37, 131-140.

Perşoiu, A., Onac, B.P. (2012). Ice in caves. *Encyclopedia of Caves*. Elsevier Inc., 399-404.

Sancho, C., Belmonte, A., López-Martínez, J., Moreno, A., Bartolomé, M., Calle, M., Santolaria, P. (2012). Potencial paleoclimático de la cueva helada A294 (Macizo de Cotiella, Pirineos, Huesca). *Geogaceta* 52, 101-104.

ESTIMACIÓN DE LOS PATRONES DE REDISTRIBUCIÓN DEL SUELO MEDIANTE ^{137}Cs PARA CUANTIFICAR EL IMPACTO DE LOS CAMBIOS DE USO

Iván Lizaga Villuendas

ilizaga@eead.csic.es / lizaga.ivan10@gmail.com

Introducción

En los últimos siglos, las actividades humanas han provocado las mayores transformaciones en los ecosistemas convirtiendo los paisajes naturales en tierras agrícolas. Así, las zonas de pendiente pronunciada de la región mediterránea, han sido transformadas gradualmente en terrenos cultivables aterrizados. La deforestación es un problema ambiental local y global. Esto es especialmente así cuando el medio es frágil como las montañas Mediterráneas. Estos tipos de agroecosistemas son propensos a la erosión debido no sólo a las condiciones climáticas, sino también a la fuerte presión que las actividades humanas han ejercido en siglos pasados y muy especialmente en los dos últimos y a los cambios en el uso del suelo.

Por ello, las tasas de erosión deben ser cuantificadas para evaluar cómo los cambios de uso producidos en las últimas décadas afectan a la pérdida de suelo en los agroecosistemas mediterráneos. Hasta la fecha, sólo hay unos pocos estudios que usan el ^{137}Cs para calcular la variabilidad de las tasas de redistribución del suelo a escala de cuenca (Porto et al., 2003; Navas et al., 2014), pero son aún menos aquellos que han prestado atención a los recientes cambios en el uso del suelo (Gaspar & Navas, 2013, Gharibreza et al., 2013). Por esta razón, nuestro objetivo es investigar cómo los diferentes usos y cubiertas que se desarrollan después del abandono agrícola influyen en los patrones de redistribución del suelo. El objetivo principal de este estudio fue cuantificar la redistribución del suelo utilizando mediciones de ^{137}Cs con el fin de evaluar los cambios en las tasas de erosión y depósito, así como las propiedades del suelo relacionadas con el uso de la tierra en las últimas décadas.

El área de estudio

En este estudio se ha seleccionado una cuenca de tamaño medio (23 km²) representativa de los agroecosistemas montañosos mediterráneos situada en la parte central de la cuenca del río Ebro en el noreste de España. La localidad de Barués se sitúa en la parte central de la cuenca que tiene un clima continental Mediterráneo, caracterizado por inviernos fríos y veranos calurosos y secos. La temperatura media anual es de 13.4 °C y la precipitación media anual ronda los 500 mm. La mayoría de los suelos del área de estudio se clasifican como Calcisoles y Cambisoles (FAO, 2014) caracterizándose por un pH básico y una acumulación secundaria de carbonatos desarrollados sobre depósitos aluviales cuaternarios. Desde el punto de vista geológico nos encontramos sobre los materiales de la formación Uncastillo con un buzamiento de entre (5° y 8° que condiciona la morfología y la dirección de los barrancos.

Patrones espaciales en la redistribución del suelo

Basándonos en las mediciones de 21 perfiles de referencia seccionados cada 5 cm se ha calculado el inventario de referencia de ¹³⁷Cs para el área de estudio. Este se estimó en 1507 ± 92 Bq m⁻² (Quijano et al., 2016a). Hasta el 64% de los puntos de muestreo presentaron inventarios de ¹³⁷Cs inferiores al inventario de referencia local. A su vez los inventarios en los puntos de erosión y depósito fueron de 0 a 1505 Bq m⁻² y de 1533 a 4230 Bq m⁻², respectivamente.

Las estimaciones medias de las tasas de redistribución obtenidas para las 98 muestras recogidas en la cuenca de Barués fueron de 23,5 Mg ha⁻¹ año⁻¹ y 16,5 Mg ha⁻¹ año⁻¹ sobre puntos de erosión y depósito, respectivamente. Tanto las tasas de erosión como de depósito fueron más altas en el eje central de la cuenca y en el norte en las cabeceras, mientras que en la parte oriental de la cuenca se encontró una menor tasa de redistribución del suelo a pesar de las pendientes más pronunciadas.

Tanto la erosión media como las tasas de depósito fueron las más altas en las tierras agrícolas y las más bajas en los bosques naturales. La redistribución del suelo osciló entre 171,4 y 130,45 Mg ha⁻¹ año⁻¹ en puntos de erosión y depósito agrícola, respectivamente, mientras que en

el bosque osciló entre 6,79 y 8,1 Mg ha⁻¹ año⁻¹ en puntos de erosión y depósito, respectivamente (Figura 1).

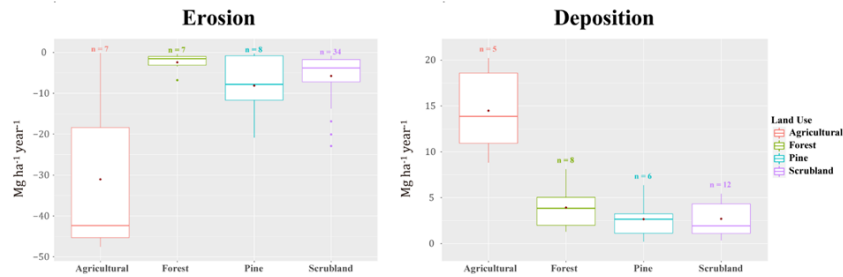


Figura 1. Boxplot realizado con las tasas de redistribución de suelo sobre zonas de depósito y erosión respectivamente.

Discusión

El factor principal que ha influido en la variación de las tasas de redistribución ha sido el cambio de uso del suelo producido en las últimas décadas. Esto ha producido las significativas diferencias en las medias de redistribución del suelo ($p \leq 0.01$) entre el uso agrícola y los otros usos de la tierra sobre los puntos de erosión y depósito. De acuerdo con estos hallazgos, Navas et al. (2013) también encontraron que las tasas más altas de redistribución se daban en los puntos de uso agrícola, mientras que las tasas más bajas se determinaron en los bosques y matorrales en las cuencas cercanas. El papel clave de la agricultura como principal impulsor de la erosión del suelo se reconoce en una múltiple variedad de entornos. Además, las diferencias significativas entre el bosque natural y el de reforestación sugieren que la cubierta natural como el bosque abierto y el matorral en algunas áreas podría proteger mejor el suelo de la erosión.

Conclusiones

Este estudio demostró el potencial de las mediciones de ¹³⁷Cs para generar información sobre las tasas de redistribución del suelo y de la influencia de los cambios en el uso de la tierra en las últimas décadas. La aplicación del método ¹³⁷Cs para medir la redistribución del suelo nos permitió discriminar las principales áreas de erosión y depósito en la

cuenca de captación sobre los diferentes usos del suelo. Algunos de los principales factores que desencadenan la erosión están relacionados con la labranza, mientras que la reducción de las tasas de erosión está relacionada con el aumento de las cubiertas vegetadas y su madurez. Este trabajo contribuye a una mejor comprensión de la dinámica de redistribución del suelo en los paisajes agrícolas de montaña y su efecto en algunas de las principales propiedades del suelo. El presente estudio mejora el conocimiento actual sobre las relaciones entre el cambio en el uso de la tierra y la variabilidad espacial de la redistribución del suelo, lo cual puede ayudar a mitigar la degradación del suelo y la acumulación de sedimentos en los embalses e implementar prácticas de control de la erosión.

Referencias Bibliográficas

Gaspar L, Navas A. 2013. Vertical and lateral distributions of ^{137}Cs in cultivated and uncultivated soils on Mediterranean hillslopes. *Geoderma* **207–208**: 131–143. DOI: 10.1016/j.geoderma.2013.04.034

Gharibreza M, Raj JK, Yusoff I, Othman Z, Tahir WZWM, Ashraf MA. 2013. Land use changes and soil redistribution estimation using ^{137}Cs in the tropical Bera Lake catchment, Malaysia. *Soil and Tillage Research* **131**: 1–10. DOI: 10.1016/j.still.2013.02.010

Navas A, López-Vicente M, Gaspar L, Machín J. 2013. Assessing soil redistribution in a complex karst catchment using fallout ^{137}Cs and GIS. *Geomorphology* **196**: 231–241. DOI: 10.1016/j.geomorph.2012.03.018

Navas A, López-Vicente M, Gaspar L, Palazón L, Quijano L. 2014. Establishing a tracer-based sediment budget to preserve wetlands in Mediterranean mountain agroecosystems (NE Spain). *Science of The Total Environment* **496**: 132–143. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2014.07.026

Quijano L, Gaspar L, Navas A. 2016a. Spatial patterns of SOC, SON, ^{137}Cs and soil properties as affected by redistribution processes in a Mediterranean cultivated field (Central Ebro Basin). *Soil and Tillage Research* **155**: 318–328. DOI: 10.1016/j.still.2015.09.007

Porto P, Walling DE, Ferro V, di Stefano C. 2003. Validating erosion rate estimates provided by caesium- 137 measurements for two small forested catchments in Calabria, southern Italy. *Land Degradation Development* **14**: 389–408. DOI: 10.1002/ldr.561

EL MAGMATISMO PÉRMICO DE LA CORDILLERA IBÉRICA: ESTADO ACTUAL DE CONOCIMIENTOS Y NUEVAS PERSPECTIVAS

Urbez Majarena Serrano

Dpto. de Ciencias de la Tierra, Universidad de Zaragoza. C/Pedro Cerbuna 12, 50009 Zaragoza.

urbezmajarena@hotmail.com

Actualmente existe unanimidad de conocimientos sobre el tránsito general, a lo largo del orógeno varisco, de un magmatismo granítico relacionado con la última etapa compresiva de la orogenia (Carbonífero Superior), a un magmatismo calco-alcalino subvolcánico en condiciones transtensivas (Pérmico Inferior) y un magmatismo alcalino relacionado con una tectónica extensional (Pérmico Medio y Superior). Evolución que ha sido demostrada, por ejemplo, en el Sistema Central (Orejana, 2006) o en el Pirineo (Galé, 2005).

La Cordillera Ibérica presenta cientos de afloramientos ígneos de edad tardivarisca, afinidad calco-alcalina, reducida extensión superficial continua (decenas-cientos de metros), amplia variabilidad petrológica (andesitas, dacitas y riolitas) y gran diversidad de modalidades de emplazamiento (flujos piroclásticos, sills, diques y un plutón de composición gabroica), que han sido estudiados desde hace décadas. (Lago *et al.*, 2004, 2005 y sus referencias).

Muchos de estos afloramientos contienen enclaves (Lago *et al.*, 2004) y xenocristales (Majarena *et al.*, 2015b, 2017b) relacionados con diferentes niveles de la corteza (granitoides, granulitas y metapelitas) que evidencian el amplio desarrollo cortical de las fallas a las que habitualmente se encuentran asociados. Además, ocasionalmente aparecen relaciones de corte entre distintos cuerpos ígneos (sills cortados por diques) con similar composición, y varias modalidades de emplazamiento (volcánicas y subvolcánicas) dentro de un mismo sector (Lago *et al.*, 2004, Majarena *et al.*, 2015c), indicando la presencia de un

desarrollo temporal de mayor o menor envergadura, en este magmatismo.

El similar patrón composicional de elementos traza normalizados frente al manto primitivo de todos estos afloramientos sugiere su cogenetismo, y su gran variabilidad composicional en elementos mayores la existencia de un amplio proceso de diferenciación y cristalización fraccionada. No obstante, la gran amplitud de dicha variabilidad composicional en elementos mayores (desde riolitas hasta andesitas basálticas) lleva a pensar en la posibilidad de la existencia de distintos protolitos relacionados por un proceso común de fusión vinculado a la orogenia hercínica y que origine su similar patrón calco-alcalino de elementos traza. La resolución de estas incógnitas e investigación de las subsecuentes hipótesis ha llevado en la actualidad a trabajar en el desarrollo de un modelo geoquímico que permita establecer la petrogénesis de estos afloramientos.

La edad de todos estos afloramientos resulta clave para poder comprender si efectivamente, se produjo de forma simultánea la fusión de distintos niveles de la corteza y el manto superior, o bien, hay una evolución temporal en las composiciones de este magmatismo. En definitiva, en la actualidad, uno de los principales objetivos en el conocimiento de este magmatismo es, por todo ello, establecer un modelo tecto-crono-magmático.

En la actualidad se disponen de edades radiométricas para 4 afloramientos de distintos sectores de la Cordillera Ibérica (Majarena et al. 2017b y referencias que contiene): Estas cuatro edades se encuentran entre los $283 \pm 2,5$ Ma y los 287 ± 12 Ma (Fig. 9), habiendo tan solo 4 Ma de diferencia entre ellas (sin considerar sus márgenes de error) y correspondiendo en todos los casos al Artinskiense (Pérmico Inferior). Esta coetaneidad refuerza el carácter cogenético de todos los sectores que integran este magmatismo.

También se dispone de otras edades relativas procedentes de las relaciones entre las intrusiones y la deformación hercínica, o la presencia de paleoflora, que apuntan en su conjunto hacia una edad Carbonífero Superior-Pérmico.

La necesidad de conocer con exactitud la edad de los distintos litotipos de cada sector, para poder establecer el citado modelo tecto-

crono-magmático, ha llevado en la actualidad al desarrollo de una campaña de dataciones mediante el método Pb/Pb en Zrn (como la ya realizada en Cerro Redondo, Majarena *et al.*, 2017b) que está ahora mismo en ejecución.

Cabe destacar, por su interés desde la perspectiva de la evolución de este magmatismo, la presencia de un magmatismo alcalino de edad Pérmico Medio-Superior, en el extremo SE de la Cordillera Ibérica (Lago *et al.*, 2012), que bien podría relacionarse con el magmatismo de similar edad y composición que se presenta mucho más desarrollado en el Sistema Central o en el Pirineo.

Por otra parte, tanto en el sector de Atienza como en la intrusión de Cerro Redondo, los estudios sobre la composición química de los minerales, muestran una compleja evolución del magmatismo, que incluye procesos de recarga magmática y asimilación (Majarena *et al.*, 2015a, Majarena *et al.*, 2017b). Estos datos reflejan el interés de realizar nuevos estudios detallados en otros sectores de la Cordillera Ibérica, que permitan relacionar los procesos magmáticos que han tenido lugar a lo largo de la evolución de los fundidos.

Las modalidades de emplazamiento en este magmatismo dan una buena indicación de la reología de los magmas. La amplia variabilidad de modalidades que muestra este magmatismo, como disyunción columnar en sills de andesitas (Gil *et al.*, 2006) o en diques riolíticos, pliegues ígneos en dacitas (Majarena *et al.*, 2017a) y una amplia variabilidad de estructuras de enfriamiento, permiten estudiar de forma empírica los modos de emplazamiento magmático subvolcánico en una amplia gama de posibilidades en función de la composición y volumen del magma, y la litología, estructura y el campo de esfuerzos tectónicos al que estaba sometida la roca encajante.

Referencias Bibliográficas:

Galé, C (2005): Evolución geoquímica, petrogenética y de condiciones geodinámicas de los magmatismos pérmicos en los sectores central y occidental del Pirineo (Tesis Doctoral, Universidad de Zaragoza). 457 pp.

Gil-Imaz, A., Pocoví, A., Lago, M., Galé, C., Arranz, E Rillo, C. y Guerrero, E. (2006): Magma flow and thermal contraction fabric in tabular intrusions inferred from AMS analysis. A case study in a late-

Variscan folded sill of the Albarracín Massif (southeastern Iberian Chain, Spain). *Journal of Structural Geology* 28 (2006) 641–653.

Lago, M., Arranz, E., Pocoví, A., Galé, C. y Gil-Imaz, A. (2004): Lower Permian magmatism of the Iberian Chain, Central Spain, and its relationship to extensional tectonics. *Geological Society of London Special Publication*, 223: 465-490.

Lago, M., Gil, A., Arranz, E., Galé, C. & Pocovi, A. (2005): Magmatism in the intracratonic Central Iberian basins during the Permian: Palaeoenvironmental consequences. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 229: 83–103

Lago, M., De la Horra, R., Ubide, T., Galé, C., Galán-Abellán, B., Barrenechea, J.F., López-Gómez J., Benito, M.I., Arche2,A., Alonso-Azcárate,J., Luque,F.J. y Timmerman M.J. (2016): First report of a Middle-Upper Permian Magmatism in the SE Iberian Ranges: characterisation and comparison with coeval magmatisms in the western Tethys. *Journal of Iberian Geology* 38 (2): 331-348.

Majarena, U., Galé, C., Lago, M., Gil-Imaz, A., Ubide, T. y Larrea, P. (2015a): Evolución Magmática de los Anfíboles del Magmatismo de Atienza (Guadalajara). *Macla*, 20: 87-88.

Majarena, U., Galé, C., Lago, M., Gil-Imaz, A., Ubide, T. y Larrea, P. (2015b): Los granates de las Andesitas de Atienza: Consideraciones sobre su origen. *Macla*, 20: 87-88.

Majarena, U., Gil-Imaz, A., Lago, M. y Galé, C.: (2015c): El magmatismo pérmico del sector de Atienza (extremo W de la Cordillera Ibérica): nuevos datos petro-estructurales para su interpretación genética. *Geogaceta*, 58: 63-66.

Majarena, U., Gil-Imaz, A., Lago, M. y Galé, C.: (2017a): La intrusión de Cerro Redondo (Permico inferior, Cordillera Ibérica, Zaragoza): reconstrucción 3D y modelo de emplazamiento. *Geogaceta*, 61: 119-122.

Majarena, U., Lago, M., Galé, C. Esteban J.J. y García de Madinabeitia, S. (2017b): El magmatismo pérmico inferior de la Sierra de Pardos (Rama aragonesa de la Cordillera Ibérica, Zaragoza): petrología y geoquímica. *Geogaceta*, 61: 111-114.

Orejana, D. (2006): El magmatismo Alcalino pérmico del Sistema Central español. (Tesis doctoral, Universidad Complutense de Madrid). 393 pp.

INTERPRETACIÓN CINEMÁTICA DE LA FALLA DE ALHAMA DE MURCIA: FÁBRICAS MAGNÉTICAS APLICADAS A ESTRUCTURAS DE DESGARRE

Marcos Marcén Albero

mma@unizar.es

Introducción

La anisotropía de la susceptibilidad magnética (ASM) puede explicarse como la variabilidad espacial de la susceptibilidad magnética, y geoméricamente se representa como un elipsoide de tres ejes ($K_{\max} > K_{\text{int}} > K_{\min}$). La orientación y magnitud de estos ejes está directamente relacionada con la petrofábrica de la roca y condicionada por los procesos de sedimentación y deformación de la roca.

Normalmente, el eje corto (K_{\min}) del elipsoide es paralelo al polo de la estratificación en rocas poco deformadas o al polo de la foliación en el caso de rocas deformadas, indicando que los minerales se disponen en paralelo a dichos planos, en lo que se conoce como fábricas normales. No obstante, ciertos minerales magnéticos (como la magnetita monodominio o carbonatos paramagnéticos ricos en hierro) presentan una magnetización mayor en su eje corto cristalográfico (y normalmente de forma), generando lo que se conoce como fábricas inversas, en las que se produce un intercambio entre los ejes K_{\max} y K_{\min} , induciendo a interpretaciones erróneas de la ASM.

Se presentan los resultados de ASM obtenidos en la Falla de Alhama de Murcia (FAM), con el objetivo principal de determinar la cinemática y geometría de la falla, así como relacionar dichos resultados con el abundante conocimiento previo de la falla, tras décadas de estudios estructurales y paleosismológicos (Martínez-Díaz, 1998; Martínez-Díaz et al., 2012).

Metodología

Se han tomado muestras en dos afloramientos: 1) En la Rambla de la Torrecilla (X:37.6381, Y:-1.7471). 2) En una trinchera perpendicular a la dirección de la falla en Lorca (X:37.6882, Y:-1.68660). Las muestras se tomaron a intervalos centimétricos a lo largo de todo el espesor de la *gouge*, agrupándolas por estaciones según criterios estructurales y/o litológicos. Se han realizado mediciones de la anisotropía de la susceptibilidad magnética a temperatura ambiente (RT-ASM) y en frío (LT-ASM, para determinar la subfábrica paramagnética) con un susceptómetro KLY-3S Kappabridge (Agico). Curvas de temperatura vs. susceptibilidad magnética, análisis mineralógicos al SEM, y curvas de adquisición y desmagnetización térmica de la IRM (*isothermal remanent magnetization*) se han realizado con el objetivo de determinar las diferentes fases magnéticas portadoras de la susceptibilidad.

Contexto Geológico

La FAM presenta una dirección NE-SO y una longitud superior a los 100km. Es una falla tectónicamente activa desde el Mioceno hasta la actualidad, siendo una de las principales fallas activas del SE de Iberia, y presentando una evolución compleja en su actividad tectónica. Durante el Mioceno la falla, en régimen extensivo, ha controlado la subsidencia en los márgenes SE de las cuencas de Lorca y Alhama-Fortuna. En el Tortonense tiene lugar un cambio en el estado de esfuerzos regional, comenzando una compresión hacia el NNO como consecuencia del acercamiento de las placas Europea y Africana, dando lugar a la inversión de estas cuencas. La evolución del campo de esfuerzos durante este periodo compresivo que se mantiene activo hasta la actualidad difiere según autores, manteniéndose estable NNO (Martínez-Díaz, 2002) o produciéndose un doble intercambio entre NNO y NNE (Armijo, 1977). Bajo este estado de esfuerzos compresivos, la falla ha funcionado como falla de desgarre sinistra e inversa hasta el Cuaternario y como falla inversa durante este periodo (Martínez-Díaz, 1998; Martínez-Díaz et al., 2012).

Resultados

Trinchera en Lorca

En la trinchera, de unos 15m de longitud, afloran materiales detríticos miocenos en facies rojizas lutíticas, arenosas y microconglomeráticas, con una foliación penetrativa de dirección media ENE-OSO, oblicua a la dirección NE-SO de la falla, siendo indicativa del movimiento sinistro de la falla. Es frecuente observar bandas de cizallas conjugadas con desplazamiento normal e inverso, en dirección NE-SO, revelando una dirección de compresión aproximada NNO-SSE (Martínez-Díaz, 2002; Armijo, 1977).

En cuanto al carácter de la deformación de la zona de falla, destaca la presencia de zonas de cizalla que aíslan cuerpos de roca sigmoidales con una deformación cataclásica menor (*spectator regions*). En lámina delgada se han observado estructuras SC de carácter frágil en las zonas de cizalla, mientras que las *spectator regions* presentan únicamente sistemas de fracturas, generando puntualmente débiles foliaciones

Los diferentes análisis de la mineralogía magnética revelan la presencia de fases paramagnéticas (probablemente filosilicatos) y ferromagnéticas (hematites). El estudio de ASM revela el paralelismo entre las foliaciones tectónicas y magnéticas (plano entre K_{max} y K_{int}) en todas las estaciones, algo frecuente en zonas de falla (Parés y van der Pluijm, 2002). Mientras, la lineación magnética (K_{max}) es horizontal en las zonas de cizalla (9 estaciones), o se dispersa en una guirnalda junto con el eje K_{int} en las *spectator regions* (3 estaciones).

Afloramiento Rambla de la Torrecilla

El afloramiento presenta un espesor de unos 10m de *gauge* negra, desarrollada en filitas del basamento paleozoico y con bloques del protolito en su interior. La foliación medida en campo y sobre las muestras es sub-vertical o con fuerte buzamiento hacia el N y con una dirección ENE-OSO a E-O, indicando de nuevo el movimiento sinistro de la falla. El desarrollo de foliaciones, bandas de cizalla, estructuras frágiles de Riedel, cuarzos pulverizados, estructuras sigmoidales, etc revelan el carácter frágil-dúctil de la deformación, la cual queda evidenciada en el estudio en lámina delgada de la deformación.

Se han identificado fases paramagnéticas, siendo los carbonatos de hierro (ankerita), filosilicatos (moscovita y fengita) y sulfuros (piritas) los más abundantes, mientras que como minerales ferromagnéticos se han identificado pirrotina, magnetita y hematites, revelando la alta heterogeneidad mineralógica del afloramiento.

Dos grandes grupos pueden identificarse en función de la orientación del elipsoide magnético: 1) foliaciones magnéticas paralelas a la foliación tectónica y lineaciones horizontales (como las mayoritarias en la Trinchera de Lorca) y 2) lineaciones magnéticas paralelas al polo de la foliación (SSE), con el K_{\min} en posición horizontal y contenido en la foliación tectónica. Mediciones en frío de la ASM (LT-ASM) revelan que la fábrica tipo 1 está asociada a la fase ferromagnética, mientras que la fábrica tipo 2 lo está a la fase paramagnética, en concreto a la ankerita. Ambos tipos presentan una zonación en el afloramiento, siendo las de tipo 1) las mayoritarias en los extremos laterales y la tipo 2) mayoritarias en la zona central.

Interpretación

En ambos afloramientos las fábricas magnéticas son claramente indicativas de la cinemática sinistral de la FAM, con mayoría de lineaciones magnéticas paralelas a la dirección de transporte tectónico proyectada sobre la foliación magnética, la cual es, a su vez, paralela a la foliación tectónica. No hay indicios de la reactivación como falla inversa en tiempos recientes, pudiendo deberse a que la deformación se canaliza en diferentes planos de la falla al estudiado o bien a que la impronta de la reactivación no ha obliterado la fábrica previa.

En ambos afloramientos hay excepciones a la orientación mayoritaria del elipsoide magnético. En el afloramiento de la Trinchera, la ausencia de lineaciones magnéticas definidas en las *spectator regions* puede estar en relación al carácter más frágil de la deformación que han registrado estas zonas, correspondiendo el plano de foliación magnética a la foliación incipiente que sí presentan.

En el caso de la Rambla de la Torrecilla, se ha identificado la presencia de fábricas inversas (fábrica de tipo 2), asociada a la presencia de ankerita (Ihmle et al., 1989), la cual se encuentra distribuida en todas

las muestras, pero solo domina respecto a la fase ferromagnética en la zona central del afloramiento. Para comprobar definitivamente que las fábricas inversas están asociadas a dicho mineral, y no por ejemplo a magnetita mono-dominio, se han calentado muestras del tipo 2 a 700°C, temperatura a la cual la ankerita desaparece generando magnetita. La medición de todas las muestras calentadas confirma la desaparición de dicho tipo 2), obteniéndose en todas ellas fábricas de tipo 1).

Referencias Bibliográficas

Armijo, R. (1977). La zone des failles Lorca–Totana (Cordillères Bétiques, Espagne). Étude tectonique et neotectonique. Tesis Doctoral, Universidad de Paris, 229 p.

Ihmle, P.F., Hirt, A.M., Lowrie, W. (1989). Inverse magnetic fabric in deformed Limestones of the Morcles Nappe, Switzerland. *Geophysical Research Letters*, 16: 1383-1386.

Martínez-Díaz, J.J. (1998). Neotectónica y Tectónica Activa del Sector Centro-Occidental de la Región de Murcia y Sur de Almería (Cordillera Bética - España). Tesis Doctoral, Universidad Complutense de Madrid, 497p

Martínez-Díaz, J.J. (2002). Stress field variation related to fault interaction in a reverse oblique-slip fault: the Alhama de Murcia fault, Betic Cordillera, Spain. *Tectonophysics*, 356: 291-305.

Martínez-Díaz, J.J., Masana, E., Ortuño, M. (2012). Active tectonics of the Alhama de Murcia fault, Betic Cordillera, Spain. *Journal of Iberian Geology*, 38 (1): 253-270.

Parés, J.M., van der Pluijm, B.A. (2002). Evaluating magnetic lineations (AMS) in deformed rocks. *Tectonophysics*, 350: 283-298.

ALTERACIONES DE ORIGEN ANTRÓPICO EN EL MEDIO FLUVIAL: EJEMPLOS EN EL RÍO GÁLLEGO

Luis Ángel Marqués Calvo

C/ Diez de agosto nº 18, 3º B, 50007 Zaragoza

lmarquescalvo@gmail.com

La importancia del agua en el desarrollo de las civilizaciones humanas determina que, desde muy antiguo, el hombre venga ideando sistemas de control de dicho recurso. Esto es especialmente notable en las áreas áridas y semiáridas del planeta, entre las que tenemos que incluir la Península Ibérica.

Algunos afluentes importantes del río Ebro por su margen izquierda, entre los que se encuentra el Gállego, tienen la particularidad de que, tras nacer en una zona de elevada humedad, como son los Pirineos, recorren en sus tramos bajos áreas de gran aridez. En este contexto, se entiende que desde hace más de mil años, los pobladores del Valle del Ebro se hayan esforzado en utilizar el agua que, de forma anómalamente abundante, discurre por sus tierras.

La intensidad de estos aprovechamientos creció de forma exponencial en el siglo pasado y las presiones sobre el recurso siguen siendo enormes en la actualidad.

El desarrollo de los sistemas de explotación ha determinado la alteración hidrológica y geomorfológica de los ríos hasta extremos como el que nos ocupa, en el que el río Gállego, a su desembocadura en el Ebro a la altura de Zaragoza, no lleva más agua que la que retorna al cauce tras regar los campos de su extensa vega o, en muchas ocasiones, circular por sus acequias sin que nadie haga uso del agua.

La situación actual muestra largos tramos del cauce sin apenas agua o sirviendo de mero canal de transporte de “derechos concesionales”.

Las alteraciones hidrológicas, puestas de manifiesto en el análisis

detallado de las series de datos de aforo disponibles, dibuja un escenario en el que apenas quedan rasgos reconocibles de lo que debió ser el régimen hidrológico en el pasado.

Detracciones permanentes del orden del 50 % de la aportación anual del río a la altura del Embalse de Ardisa, profundas alteraciones en la distribución de los caudales medios mensuales, de los caudales de avenida, de los registros de caudales mínimos, de las tasas de crecida y decrecida y en el número de inversiones en la tendencia creciente o decreciente del río, junto con la detención del flujo de caudales sólidos, determinan una modificación drástica en las condiciones físicas del hábitat que condiciona la aparición de profundas alteraciones en los ecosistemas fluviales y riparios.

Referencias Bibliográficas

Fernández Yuste F. y Martínez C. 2010. Régimen Ambiental de Caudales. Manual de Referencia Metodológica.

Martínez Santa-María, C. & Fernández Yuste, J.A. 2010. IAHRIS 2.2 Índices de Alteración Hidrológica en Ríos. Manual de Usuario.

Martínez Santa-María, C. & Fernández Yuste, J.A. 2010. IAHRIS 2.2 Índices de alteración hidrológica en ríos. Manual de referencia metodológica.

Martínez Santa-María, C. & Fernández Yuste, J.A. 2010. IAHRIS 2.2 Indicador de masas de agua muy alteradas: Manual de referencia metodológica.

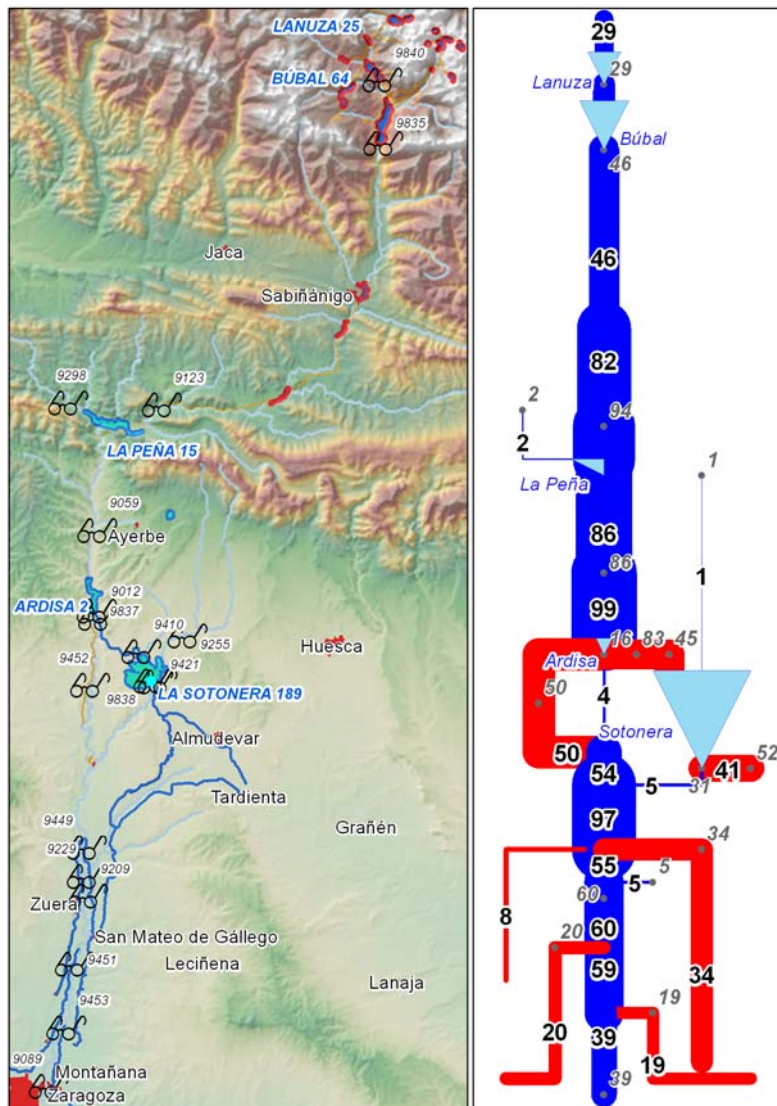
Richter BD, Baumgartner JV, Braun DP, Powell J. 1998. A spatial assessment of hydrologic alteration within a river network. *Regulated Rivers: Research and Management* 14: 329–340.

Richter BD, Baumgartner JV, Powell J, Braun DP. 1996. A method for assessing hydrologic alteration within ecosystems. *Conservation Biology* 10: 1163–1174.

Richter BD, Baumgartner JV, Wigington R, Braun DP. 1997. How much water does a river need? *Freshwater Biology* 37: 231–249.

Richter BD, Richter HE. 2000. Prescribing flood regimes to sustain riparian ecosystems along meandering rivers. *Conservation Biology* 14:

1467–1478.



RESULTADOS PRELIMINARES DE LA COMPOSICIÓN ISOTÓPICA DE LOS ESTROMATOLITOS LACUSTRES DE LA SIERRA DE ALCUBIERRE (MIOCENO, CUENCA DEL EBRO, ESPAÑA)

Leticia Martín Bello

Área de Estratigrafía. Departamento de Ciencias de la Tierra

Facultad de Ciencias, Universidad de Zaragoza

leticia.martin.bello@gmail.es

Introducción

Los estromatolitos son estructuras laminadas que se forman a partir de tapices microbianos tanto en ambientes continentales como marinos. Los estromatolitos de la sierra de Alcubierre (Fig. 1) pertenecen al Mioceno inferior y medio (unidad T5, T6 y T7, Cuenca del Ebro) (Pardo, et al., 2004).

El modelo de sedimentación lacustre propuesto para las unidades del Mioceno del sector central de la Cuenca del Ebro muestra dos situaciones que alternan en el tiempo (Arenas and Pardo, 1999): 1) ambientes de depósito de carbonatos (calizas masivas y bioturbadas), que corresponden con niveles del lago alto; 2) ambientes de depósito de sulfatos en niveles de lago bajo. Los estromatolitos y las calizas laminadas se desarrollan en situaciones intermedias entre ambos ambientes de depósito. Este modelo es coherente con la composición isotópica de las distintas facies (Arenas et al., 1997), pues las calizas laminadas y estromatolíticas presentan valores más altos de $\delta^{18}\text{O}$ que las calizas masivas y bioturbadas (Arenas et al., 2007).

Los estromatolitos de la sierra de Alcubierre aparecen en dos posiciones principales en las asociaciones verticales de facies. Por un lado, en la base de asociaciones de facies que representan un proceso de profundización (sobre facies bioturbadas). Por otro, alternando con

calizas laminadas (laminación paralela, wavy o estratificación cruzada hummocky), en asociaciones de facies que representan un proceso de somerización (Martín-Bello, 2016).

Aquí se presenta un resumen de los resultados obtenidos hasta ahora a partir del análisis textural y de isótopos estables ($\delta^{13}\text{C}$ y $\delta^{18}\text{O}$) en varios ejemplares de estromatolitos de la unidad T6. Los estromatolitos estudiados permiten inferir condiciones paleoambientales a diferentes escalas a partir de sus variaciones texturales y geoquímicas.

Metodología

La metodología llevada a cabo para el estudio geoquímico y textural fue la selección de dos ejemplares de estromatolito pertenecientes a la base y a la parte superior-media de la unidad T6. La mineralogía de estos estromatolitos es principalmente calcítica, determinada a través de Difracción de Rayos X. De cada ejemplar de estromatolito se muestrearon láminas sucesivas (36 muestras), diferenciadas por sus variaciones texturales, con ayuda de un microtaladro. El estudio geoquímico se realizó mediante análisis de isótopos estables ($\delta^{13}\text{C}$ y $\delta^{18}\text{O}$) cuyos resultados se expresan en unidades $\delta\text{‰}$ comparadas con V-PDB estándar. El estudio textural se desarrolló a través del estudio de láminas delgadas en microscopio óptico.

Resultados

La textura y estructura de los estromatolitos se define como una alternancia de láminas claras, porosas (micrita-microesparita, 0.65-6 mm de espesor) y láminas oscuras, densas (micrita, 0.5-2 mm de espesor) (Fig. 2). La mayoría de estas láminas son compuestas.

La composición de isótopos estables de las láminas de los dos ejemplares de estromatolitos lacustres revela variaciones cíclicas entre láminas con diferente textura.

Las láminas claras tienen valores isotópicos más negativos ($\delta^{18}\text{O} = -1.55\text{‰}$ V-PDB y $\delta^{13}\text{C} = -4.62\text{‰}$ V-PDB) que las láminas oscuras ($\delta^{18}\text{O} = -1.28\text{‰}$ V-PDB y $\delta^{13}\text{C} = -4.22\text{‰}$ V-PDB). Las láminas claras se

desarrollarían en condiciones de mayor humedad y las oscuras en condiciones más secas. Los valores más negativos de $\delta^{13}\text{C}$ en las láminas claras pueden reflejar una mayor contribución de $^{12}\text{CO}_2$ biogénico (edáfico).

Estas variaciones (texturales e isotópicas) pueden estar relacionadas con cambios estacionales o plurianuales del desarrollo microbiano en respuesta a la relación precipitación/evaporación (P/E).

La significativa correlación entre $\delta^{13}\text{C}$ y $\delta^{18}\text{O}$ sugiere que la relación P/E controló en gran medida la evolución isotópica a corto plazo del ambiente lacustre salino de la unidad T6 en la Cuenca del Ebro.

El decrecimiento del coeficiente de correlación entre $\delta^{13}\text{C}$ y $\delta^{18}\text{O}$ en los estromatolitos estudiados concuerda con la evolución climática general de la unidad T6, que sugiere un ligero incremento de la relación P/E a lo largo del tiempo.

Agradecimientos

Investigación financiada por el proyecto CGL2013-42867-P y un contrato predoctoral FPI (BES-2014-069389).

Referencias Bibliográficas

Arenas, C., Casanova, J. and Pardo, G. (1997). Stable-isotope characterization of the Miocene lacustrine systems of Los Monegros (Ebro Basin, Spain): palaeogeographic and palaeoclimatic implications. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 128, 133-155.

Arenas, C. y Pardo, G. (1999): Latest Oligocene-Late Miocene lacustrine systems of the north-central part of the Ebro Basin (Spain): sedimentary facies model and palaeogeographic synthesis. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 151, 127-148.

Arenas, C., Pardo, G., Pérez-Rivarés, F.J. and Vázquez-Urbez, M. (2007). From saline to freshwater lacustrine and fluvio-lacustrine carbonate systems: Neogene evolution of the central Ebro Basin. In: *Geo-Guías 3*, Geological field trips to the lacustrine deposits of the northeast of Spain, 4th International Limnogeology Congress, Barcelona

(C. Arenas, A.M. Alonso Zarza and F. Colombo, Eds.). Sociedad Geológica de España, 51-110.

Martín-Bello, L., Arenas Abad, C., Alonso Zarza, A.M. y Pardo Tirapu, G., (2016) Características texturales y variaciones morfológicas de los estromatolitos lacustres del Mioceno de la Sierra de Alcubierre (Cuenca del Ebro): Interpretación sedimentológica preliminar, *Geo-Temas*, 16, 637-640.

Pardo (coord.), Arenas, C., González, A., Luzón, A., Muñoz, A., Pérez, A., Pérez-Rivarés, F.J., Vázquez Urbez, M., Villena, J. (2004): La cuenca del Ebro. En: *Geología de España* (J.A. Vera, Ed.), SGE-IGME, Madrid, 533-543.

LAS INTERACCIONES PLANTA-INSECTO Y APROXIMACIÓN A LA RECONSTRUCCIÓN PALEOCLIMÁTICA DEL YACIMIENTO OLIGOCENO DE LA VAL (ESTADILLA, HUESCA)

Rafael Moreno Domínguez

Departamento de Ciencias de la Tierra, Área de Paleontología, Universidad de Zaragoza.

noctubre7@gmail.com

En el Cenozoico de la Península Ibérica, los estudios sobre las interacciones planta-insecto están centrados exclusivamente en el Mioceno. En la Sierras Marginales Prepirenaicas, muy próximo al límite noreste de la cuenca del Ebro en la provincia de Huesca, se ha descubierto un nuevo yacimiento con macro-restos vegetales. Este nuevo yacimiento es el yacimiento de La Val (Estadilla, Huesca), datado como Oligoceno superior y perteneciente a la Formación Sariñena. El ambiente sedimentario muestra depósitos fluviales desarrollados en la parte media-distal de un gran abanico aluvial. En estas áreas creció y se desarrolló una vegetación de ribera. Para este trabajo se han extraído 1334 muestras de hojas procedentes de los 13 niveles reconocidos en el yacimiento, la mayoría de las cuales pertenecen a la familia Betulaceae. Usando la clasificación de Labandeira *et al.* (2007) para las interacciones planta-insecto se han reconocido hasta 33 tipos distintos de interacciones, pertenecientes a 7 grupos distintos, siendo éstos: Surface Feeding (SF): 28, 30, 31, 82; Hole Feeding (HF): 01, 02, 03, 04, 05, 07, 08, 113; Margin Feeding (MF): 12, 13, 14, 15; Skeletonization (S): 16, 17, 22, 56; Piercing & Sucking (PS): 46; Mining (M): 69; Gallings (G): 11, 32, 33, 34, 49, 55, 80, 84, 116, 127 e Incertae sedis: 106.

La abundancia relativa de las interacciones depende del nivel muestreado. Así por ejemplo la capa LVNH tiene alrededor del 17% de hojas afectadas por dichas interacciones mientras que la LV6 y LV3 están en el entorno del 40%. Este hecho podría deberse a los procesos

tafonómicos que han afectado a las muestras, al insuficiente muestreo o a cambios en la composición floral dentro de los niveles. De forma importante, vemos que galls (G), holes feeding (HF) y margin feeding (MF) dominan en los niveles inferiores del yacimiento, mientras que piercing and sucking (PS) dominan en los superiores. Desde un punto de vista paleoclimático, Wappler (2010) muestra que la evidencia sugiere que la abundante presencia así como en la variedad de gallings (G) podría indicar la existencia de una corta estación seca. De acuerdo con Moreno-Domínguez *et al.* (2015), las condiciones paleoclimáticas en La Val corresponderían con un clima subtropical templado cálido, lluvioso y húmedo con una corta estación seca. Esto está en parte corroborado a partir de los primeros datos obtenidos mediante CLAMP que indican un clima templado cálido con veranos secos y calurosos.

Referencias Bibliográficas

Labandeira, C.C., Wilf, P., Johnson, K.R., Marsh, F. 2007. Guide to Insect (and other) Damage Types on Compressed Plant Fossils. Washington, DC: Smithsonian Institution Version 3.0. [http://paleobiology.si.edu/pdfs/InsectDamageGuide 3.01.pdf](http://paleobiology.si.edu/pdfs/InsectDamageGuide%203.01.pdf)

Moreno-Domínguez, R., Diez, J.B., Frédéric, M.B. Jacques, Ferrer, J. 2015. First macroflora data from La Val (Late Oligocene/Early Miocene), Estadilla (Huesca, Spain). *Historical Biology* 27(3-4), 469-489.

Wappler, T. 2010. Insect herbivory close to the Oligocene-Miocene transition-A quantitative analysis. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 292, 540-550.

APLICACIÓN DE MORFOMETRÍA GEOMÉTRICA EN LA IDENTIFICACIÓN DE FRAGMENTOS MANDIBULARES DE SORÍCIDOS (EULIPOTYPHLA, MAMMALIA) DEL PLEISTOCENO

Raquel Moya Costa

Aragosaurus-IUCA, Departamento de Ciencias de la Tierra, Facultad de Ciencias, Universidad de Zaragoza, C/ Pedro Cerbuna 12, 50009, Zaragoza.

raquelmc@unizar.es

Introducción y objetivos

Los micromamíferos de los niveles de edad Pleistoceno Inferior del yacimiento de Gran Dolina (Burgos, España) se han estudiado en diferentes trabajos con objetivos bioestratigráficos y paleoambientales en los que se han identificado los siguientes sorícidos (Eulipotyphla, Mammalia): *Dolinasorex glyphodon*, *Sorex sp.*, *Sorex minutus* y *Crocidura sp.* De ellos únicamente se ha estudiado en detalle *Dolinasorex glyphodon*.

Los restos que aparecen en estos niveles son fragmentarios, siendo el elemento más abundante la rama ascendente de las mandíbulas, seguidas por distintos dientes aislados. Esto es un problema para la identificación, ya que la metodología más habitual para asignar especies a sorícidos en el registro fósil se basa en combinar medidas de los distintos elementos dentales de cada individuo.

Ya que la rama ascendente de las mandíbulas están sometidas a fuertes presiones adaptativas al encontrarse en ellas el cóndilo articular y la inserción de la mayor parte de los músculos de la masticación, podría utilizarse su forma para diferenciar especies. El objetivo de este trabajo es comprobar si la morfometría geométrica aplicada a la rama ascendente de la mandíbula sirve para diferenciar especies actuales y para conocer las formas de las especies del Pleistoceno Inferior de Gran Dolina.

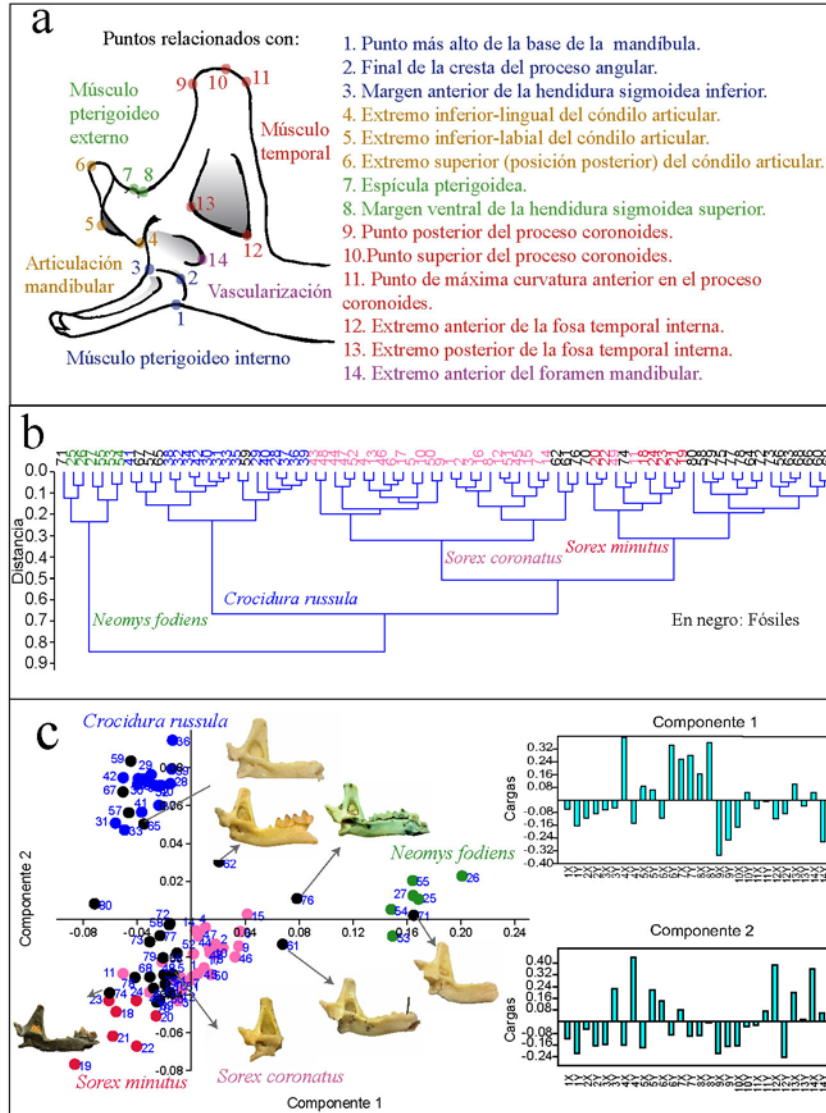


Figura 1. a) Localización de los landmarks. b) AC de todos los especímenes. c) ACP con todas las mandíbulas y cargas de cada componente.

Material y métodos

Como material actual se escogieron 15 mandíbulas de *Crociodura russula*, 27 de *Sorex coronatus*, 7 de *Sorex minutus* y 6 de *Neomys fodiens* del Pirineo cedidas por el Instituto Pirenaico de Ecología e identificadas por Vericad (1970) con correcciones posteriores. Además se seleccionaron 25 fósiles de los niveles TD4, TD5 y TD6 de Gran Dolina recogidos por el método de lavado y tamizado de sedimento.

Se realizaron fotos en vista labial de las mandíbulas y se situaron en cada ejemplar con ApsDigit y ApsUtil (Penin, 2003) los landmarks descritos en la figura 1a para tomar las coordenadas. A continuación se hizo la superposición Procrustes con Aps v.2.42 (Penin, 2003) y con Past v.3.14 (Hammer et al., 2001), se hicieron análisis de cluster (AC) con el método de Ward y análisis de componentes principales (ACP) con las coordenadas Procrustes. Este método se aplicó primero solo con el material actual y después con el fósil incluido.

Resultados y discusión

Tanto en el AC como en el ACP con el material actual, los ejemplares de las mismas especies se agrupan entre sí y separadamente del resto de las especies. Siempre se agrupan más cerca las dos especies de *Sorex* que el resto.

En el AC con el material actual y el material fósil (Figura 1b) los tres géneros representados forman grupos distintos, pero la distinción entre especies no es tan clara, ya que hay algunos *S. coronatus* que se agrupan con *S. minutus*. Hay un fósil que se agrupa con *Neomys*, cuatro con *Crociodura* y el resto con *Sorex*. Dentro de *Sorex* uno está junto con *S. minutus*, tres con *S. coronatus* y el resto forman un grupo aparte paralelo a *S. minutus*.

En el ACP (Figura 1c) también se agrupan por separado los tres géneros. Las dos especies actuales de *Sorex* se agrupan separadamente pero se solapan en un extremo. La o las especies de *Sorex* de Gran Dolina forman una agrupación que se solapa con *S. coronatus* en la zona que se acerca a *S. minutus*. Los tres ejemplares que se agrupaban con *S. coronatus* en el AC, en el ACP se sitúan en zonas intermedias entre distintos géneros, de forma que no está claro a cuál pertenecen.

Tanto con las mandíbulas actuales como con el conjunto de especímenes, el componente que representa la mayor parte de la varianza (CP1) es en el que se separan *Sorex*+ *Crocidura* de *Neomys*. Al ver el gráfico de las cargas (Figura 1c) se puede comprobar que los landmarks más importantes son los relacionados con la anchura del cóndilo articular y los que describen la forma posterior del proceso coronoides.

El CP2 separa los tres géneros, pero principalmente a *Sorex* y *Neomys* de *Crocidura*. En este caso influye más la forma de la fosa temporal interna y la forma del cóndilo articular.

Conclusiones

El estudio de morfometría geométrica de la rama ascendente de la mandíbula de los sorícidos es útil para diferenciar géneros, sobre todo la forma del cóndilo articular y la parte posterior del proceso coronoides.

En el Pleistoceno Inferior de Gran Dolina hay al menos tres géneros de sorícidos (además de *Dolinasorex*): se añade *Neomys* a la lista faunística.

Agradecimientos

Gracias a la Fundación Atapuerca, la Asociación Aspanias y al Instituto Pirenaico de Ecología. Trabajo financiado por los proyectos CGL2012-38434-C03-01 (MINECO), CGL2015-65387-C3-2-P (MINECO/FEDER) y Grupos Consolidados del Gobierno de Aragón H54. R.M.C. es beneficiaria de una ayuda del MECD (FPU14/05528).

Referencias Bibliográficas

Hammer, Ø.; Harper, D.A.T.; Ryan, P.D. (2001). PAST: Paleontological statistics software package for education and data analysis. *Palaeontologia Electronica*, 4: 1-9.

Penin, X. (2003). APS Statistical Shape Analysis Free-wares.

Vericad, J.R. (1970). Estudio faunístico y biológico de los mamíferos montaraces del Pirineo. Ph.D. thesis, Centro Pirenaico de Biología Experimental, Jaca, 240 pp.

IDENTIFICACIÓN DE PROCEDENCIA DE PIEZAS ARTÍSTICAS ARAGONESAS, REALIZADAS EN ALABASTRO

Alicia Muñoz del Pozo

Área de Petrología y Geoquímica. Departamento de Ciencias de la Tierra/
Departamento de Historia del Arte.

Facultad de Ciencias. Universidad de Zaragoza

amdpozo@unizar.es

Introducción

El alabastro es un material utilizado en el mundo artístico desde la Antigüedad, ya en época romana encontramos numerosas esculturas realizadas con este material. Tendencia que continuó durante la Edad Media y Edad Moderna, y que actualmente está resurgiendo como elemento decorativo. Este material ha sido elegido como soporte de obras artísticas, principalmente por su color, generalmente presenta colores blancos similares a los del mármol aunque también encontramos alabastros de tonos ocres o marrones, y su baja dureza lo convierte en un material fácil de trabajar y que permite realizar detalles muy finos en la obra. La literatura sobre la identificación del alabastro es escasa, lo que contrasta con la importancia histórica del material. Algunos autores (Playà *et al.* 2012; W. Kloppmann *et al.* 2014) han trabajado en estudios sobre su procedencia, basándose en la caracterización de la señal isotópica del (Sr, S, O).

Criterios para la identificación del alabastro

Tras tres años de trabajo práctico, las técnicas que nuestro grupo utiliza para la identificación de la procedencia del alabastro, son las siguientes

Descripciones macroscópicas

Las siguientes características son las que tenemos en cuenta al describir el material. Color: El alabastro es generalmente de color blanco,

aunque también podemos encontrar variedades con tonos amarillos o marrones. Translucidez: Esta propiedad del alabastro nos permite, ver su estructuración interna en forma de bandeados/nodulizaciones/texturas con distinta translucidez. Bandeados-nódulos-discontinuidades: Los tamaños de estos nódulos, su morfología, las venas de arcilla que presenta en su interior, y los bandeados internos.

Descripciones petrográficas

En las descripciones petrográficas se especifica el tamaño de los cristales, su forma, el tipo de contactos, las inclusiones, así como el porcentaje de cristales porfídicos, alabastrinos que se diferencian tres categorías, (Mandado, 1989) según su tamaño (C.E.N.U., subidiomorfos, microcristalinos), megacristalina y presencia detríticos, carbonatos o minerales accesorios como Anhidrita y Celestina.

Mineralogía y color de las lutitas

Se analizan las muestras de lutitas mediante Difracción de Rayos X, para obtener un difractograma con los minerales presentes en la muestra. También se mide de forma cuantitativa del color, mediante un espectrofotómetro.

Análisis geoquímico de los alabastrós

Se analizan las concentraciones de Sr y Ba presentes en muestras de canteras y piezas artísticas. El Sr y el Ba son elementos que informan sobre la génesis de los yacimientos de sulfatos.

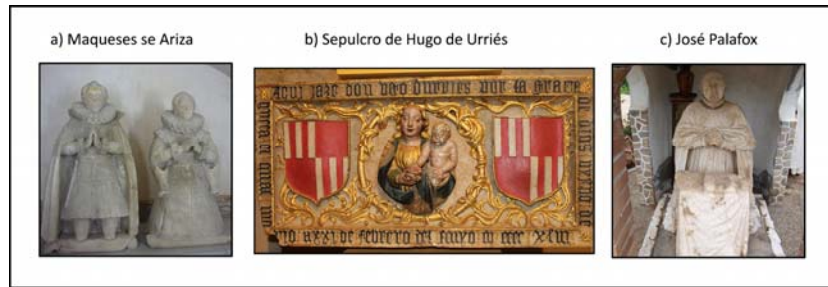
Análisis de isótopos

Como en el caso anterior, la variaciones en la composición isotópica (Sr, S, O) nos puede proporcionar información sobre la cantera de procedencia, este método todavía no ha sido utilizado por el equipo, aunque esta prevista su realización.

Identificación de procedencia

Hay que tener en cuenta, que no todas las técnicas utilizadas para la identificación de la procedencia del material son igual de concluyentes siendo necesario utilizarlas en conjunto para poder obtener unos resultados muy fiables (Gisbert y Muñoz, 2016).

La cuantificación del resultado la obtenemos comparando los



parecidos de forma porcentual, entre las piezas artísticas y las muestras de cantera estudiadas. Vamos a presentar 3 ejemplos. (Fig. 1)

Figura 1. a) Esculturas orantes de los Marqueses de Ariza, Cripta de la Iglesia parroquial de Santa María la Real de Ariza (Zaragoza). b) Fragmento del Sepulcro de Hugo de Urriés, Museo Diocesano de Huesca. c) Escultura orante del Obispo José Palafox, El convento de las Hermanas Dominicas de San José en Calatayud (Zaragoza).

Escultura de los Marqueses de Ariza (Fig. 1a):

Su procedencia es de Fuentes de Jiloca (Variedad Champang). Ahora presentamos la similitud entre cada parámetro medido.

- Descripción macroscópica: 80%
- Descripción petrográfica: 80%
- Minerales de la arcilla: 10%
- Composición geoquímica (Sr/Ba): 70%

Sepulcro de Hugo de Urriés (Fig. 1b):

Su procedencia es de Fuentes de Jiloca (Variedad Blanca).

- Descripción macroscópica: 70%
- Descripción petrográfica: 60%
- Minerales de la arcilla: 0%

Composición geoquímica (Sr/Ba): 70%

Escultura de José Palafox (Fig. 1c):

Su procedencia es del Valle del Ebro.

Descripción macroscópica: 0%

Descripción petrográfica: 60%

Minerales de la arcilla: 0%

Composición geoquímica (Sr/Ba): 60%

Para conocer la procedencia de las piezas artísticas anteriormente citadas, se aplicaron diferentes técnicas, y con la información conjunta obtenida de cada uno de ellos, se ha podido identificar su posible procedencia.

Referencias bibliográficas

Kloppmann, W., Leroux, L., Bromblet, P., Guerrot, C., Proust, E., Cooper, A. H., Worley, N., Smeds, S. A., Bengtsson, H. (2014): Tracing medieval and renaissance alabaster Works art back to quarries: A multi-isotope (Sr, S, O) approach. *Archaeometry* 56, 2 (2014) 203–219.

Gisbert, J., Muñoz, A. (2016): Caracterización del Alabastro y parámetros útiles para identificar la procedencia en piezas histórico-artísticas. En: Morte, C. (Ed.) I Congreso Internacional “Usos artísticos del alabastro y procedencia del material”, Zaragoza (España), 19 – 21 Mayo 2016. *In press*.

Mandado Collado J. (1987). Litofacies Yesíferas del Sector Aragonés de la Cuenca Terciaria del Ebro. Petrogénesis y Geoquímica. Tesis Doctoral. 442 pp.

Playà, E., Inglès, M., Rosell, L., Ortí, M., Artigau, M., Yeguas, J., Manote, R., and Pe, J. (2012): Determining gypsum alabaster provenance in sculptural artefacts: an application example, *Macla, Revista de la Sociedad Española de Mineralogía*, 16, 50–1.

LOS CUERVOS DE LA SIMA DEL ELEFANTE

Carmen Núñez Lahuerta

cnunez@unizar.es

Los yacimientos de la Sierra de Atapuerca (Burgos) son conocidos por proporcionar un amplio registro (de más de un millón de años) paleontológico y arqueológico del Cuaternario. La mayoría de los yacimientos de Atapuerca afloran gracias a la construcción de una trinchera para el ferrocarril en el siglo XIX, y son conocidos como “los yacimientos de la Trinchera”. Otros se encuentran en cuevas que se conocen en la zona desde el siglo XVI. La Sima del Elefante, yacimiento de la Trinchera se divide en 16 unidades litoestratigráficas (TE7 hasta TE21). En este yacimiento se han recuperado por el momento miles de restos de vertebrados (Cuenca-Bescós et al., 2013, 2016). Las aves de algunos niveles de la Sima del Elefante proporcionan una lista de unos 30 taxones diferentes (Rosas et al., 2001; Sánchez-Marco, 2004, Núñez Lahuerta et al., 2016). Este trabajo constituye un análisis más completo de las aves del yacimiento, cuyo número de restos podría acercarse a 7000. Las especies de ave más abundantes del yacimiento son el pigargo (*Haliaeetus albicilla*), del que incluso se han encontrado ejemplares articulados, anátidas (como *Anas*) y columbiformes (*Columba*) y galliformes (como *Perdix*). Es interesante resaltar que por encima de todos estos grupos, y representando hasta el 90% de la asociación en algunos niveles, aparece el cuervo (género *Corvus*).

Hasta ahora, los trabajos previos habían clasificado estos restos como pertenecientes al taxón extinto *Corvus corax antecorax*. Pero la historia del cuervo durante el Pleistoceno es confusa, se han descrito hasta 6 especies de cuervo en este periodo (Mourer-Chauviré, 1975). De estas, solo dos están sostenidas por una cantidad representativa de material y medidas. Por un lado la línea del cuervo actual (*C. corax*) a la que pertenece *C. c. antecorax*, taxon al que se habían asignado los restos de la Sima del Elefante hasta ahora. Por otro lado *C. pliocaenus*, cuyos

caracteres morfológicos son similares pero su tamaño es netamente inferior.

Los primeros análisis realizados sobre los restos de de la Sima del Elefante permiten observar que sus caracteres son similares a los de la línea de *C. corax*, y diferentes de los de otros córvidos de gran tamaño (como *C. corone*), pero que su tamaño es inferior a los de la línea actual. Por ello los resultados de este análisis apuntan a que se trataría de un cuervo más parecido a *C. pliocaenus* que a *C. c. antecorax*. Todavía son necesarios numerosos análisis, además los dos taxones podrían haber convivido, al igual que lo hacen hoy otros córvidos. En el futuro se espera profundizar en esta problemática, además de arrojar luz sobre el origen de la acumulación de aves en la Sima del Elefante.

Referencias Bibliográficas

Cuenca-Bescós, G., Rofes, J., López-García, J.M., Blain, H.A., Rabal-Garcés, R., Sauqué, V., Arsuaga, J.L., Bermúdez de Castro, J.M., Carbonell, E. (2013) The Small mammals of Sima del Elefante (Atapuerca, Spain) and the first entrance of Homo in Western Europe. *Quaternary International*, 295, 28-35.

Mourer-Chauviré, C. (1975). Les oiseaux du Pléistocène moyen et Supérieur de France. Tesis Doctoral. Université Claude Bernard, Lyon, 624.

Núñez-Lahuerta, C., Cuenca-Bescós, G., Huguet, R (2016). First report of the birds (Aves) from level TE7 of Sima del Elefante (Early Pleistocene) of Atapuerca (Spain). *Quaternary International*, 421, 12-22.

Rosas, A., Pérez-González, A., Carbonell, E., van der Made, J., Sánchez-Marco, A., Laplana, C., Cuenca-Bescós, G., Parés, J.M., Huguet, R. (2001). Le gisement pléistocène de la "Sima del Elefante" (Sierra de Atapuerca, Espagne). *L'Anthropologie*, 105, 301-312.

Sánchez-Marco, A. (2004) Avian zoogeographical patterns during the Quaternary in the Mediterranean region and paleoclimatic interpretation. *Ardeola*, 51(1), 91-132.

ESTUDIO HIDROLÓGICO PARA LA SOSTENIBILIDAD AMBIENTAL DE LA RESERVA NATURAL DE LA LAGUNA DE GALLOCANTA (TERUEL-ZARAGOZA)

José María Orellana Macías

Dirección: Dr. Jesús Causapé

jm.orellana@igme.es

1. Introducción y Objetivos

Actualmente, los estudios hidrológicos son de especial interés, tanto para la provisión de agua a la población, como para entender el comportamiento de ciertos elementos y sustancias contaminantes, su movilidad, dispersión, o afección al ecosistema, por lo que estos estudios se han convertido en una herramienta básica para evaluar sistemas ambientales complejos como los humedales.

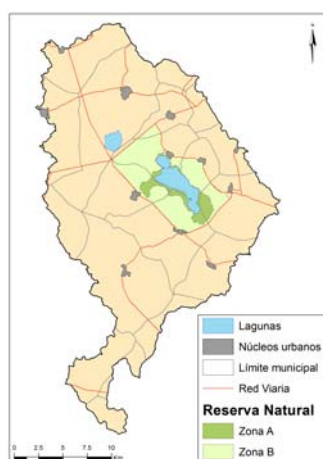


Figura 1. Cuenca de Gallocanta

El estudio planteado se localiza en la Reserva Natural Dirigida de la Laguna de Gallocanta (Teruel-Zaragoza). Se trata de la mayor laguna natural de la península ibérica y la mayor laguna salada de Europa, con 1.924 ha y otras 4.553 ha de perímetro de protección. Sus valores naturales han sido reconocidos internacionalmente mediante diversas figuras de protección (Zona de Especial Protección para las Aves, Lugar de Interés

Comunitario o Humedal RAMSAR).

Con el objetivo de determinar el grado de explotación de la unidad hidrogeológica de Gallocanta (Sanromán, 2003), esta fue objeto de estudio por parte de Confederación Hidrográfica del Ebro (CHE) entre 2000-2004. Teniendo como objetivo la modelización hidrológica de funcionamiento de la cuenca y analizar y evaluar las principales presiones sobre el equilibrio de la misma y su capacidad de resistencia y resiliencia frente a presiones e impactos, para garantizar su sostenibilidad, se ha retomado el seguimiento hidrológico de este frágil ecosistema.

2. Plan de trabajo

Se ha monitorizado la cuenca endorreica de la Laguna de Gallocanta, cuyo seguimiento fue prácticamente abandonado desde la finalización de los estudios de la CHE. Se han acondicionado los aforadores en los principales barrancos que confluyen en la laguna, equipándolos con sensores de caudal. Igualmente, se ha acondicionado el aforo existente en la laguna, donde también se ha instalado un equipo para el monitoreo en continuo del nivel del agua.



Figura 2. Mapa de altitud

Partiendo del Modelo Digital del Terreno del Instituto Geográfico Nacional y de fotografías aéreas, se ha delimitado la cuenca hidrográfica de Gallocanta y su red de drenaje. Tomando como referencia la cuenca obtenida, se ha generado un Sistema de Información Geográfica que aglutina toda la información relevante respecto a usos del suelo (SIGPAC), geología (IGME), clima (AEMET), hidrología, etc., así como todos los datos históricos que se están recopilando e incorporando a la base de datos. Tras la recopilación de la información, se construirá un modelo acoplado de flujos superficiales y subterráneos, valorándose los que mejor se adecuen a la realidad del sistema, dada la existencia de una gama de sofisticados modelos que incluyen un acoplamiento de aguas

superficiales y subterráneas considerablemente realista (Brunner et al. (2010).

La modelización del sistema será la herramienta que permita estudiar la respuesta de éste ante diferentes escenarios de explotación de aguas subterráneas o gestión agraria. Especial relevancia tendrá el análisis de las consecuencias del cambio climático, ya sea ocasionado por los efectos globales o por los posibles efectos locales de los sistemas de lucha antigranizo, que actualmente están generando gran inquietud social en la zona y que el desarrollo de esta Tesis puede contribuir a esclarecer.

Los estudios abarcarán análisis de calidad ambiental. No en vano, la región está declarada como zona vulnerable a la contaminación por nitratos, lo cual provoca que algunas poblaciones que se suministran de aguas subterráneas tengan serios problemas de abastecimiento. El nivel de otros contaminantes agroquímicos (plaguicidas, metales pesados) o con origen en los generadores antigranizo (yoduro de plata) será analizado en suelos, sedimentos y aguas.

Con todos estos resultados, a partir de una metodología basada en SIG (Arauzo, 2016) se cartografiará la vulnerabilidad del acuífero a través de distintos modelos (LU-IV, DRASTIC). Además, si la modelización del acuífero confirma la conexión kárstica, se indagará la posibilidad de mejorar los resultados mediante la aplicación del método COP, aplicado por Vías et al. (2006) en otras zonas de estudio.

El incremento en el conocimiento, así como la búsqueda de una gestión óptima que garantice la sostenibilidad de un espacio protegido en un entorno tan particular, ha suscitado el interés de organismos oficiales como Confederación Hidrográfica del Ebro, el Instituto Aragonés del Agua, o la Reserva Natural Dirigida de la Laguna de Gallocanta, quienes por sus competencias, colaboran activamente en el proyecto y están muy interesados en los resultados de esta Tesis.

Referencias bibliográficas

Arauzo, M. (2016): Vulnerability of groundwater resources to nitrate pollution: A simple and effective procedure for delimiting Nitrate

Vulnerable Zones. *Science of the Total Environment*, 575, 799-812.

Brunner, P., Simmons, C. T., Cook, P. G., & Therrien, R. (2010). Modeling Surface Water-Groundwater Interaction with MODFLOW: Some Considerations. *Ground Water*, 50(2), 174–180.

Sanromán Saldaña, J. (2003). Establecimiento de las normas de explotación de la Unidad Hidrogeológica “Gallocanta” y delimitación de los perímetros de protección de la laguna, *Confederación Hidrográfica del Ebro*, Zaragoza.

Vías, J.M., Andreo, B., Perles, M. J., Carrasco, F., Vadillo, I., Jiménez, P. (2006): Proposed method for groundwater vulnerability mapping in carbonate (karstic) aquifers: the COP method. Application in two pilot sites in Southern Spain. *Hydrogeology Journal*, 14, 912-925.

THE TRANSFERENCE OF THE ISOTOPIC SIGNAL FROM RAINFALL TO DRIP WATERS AND FARMED CALCITE IN THE CASE OF EJULVE CAVE, NE SPAIN

Carlos Pérez-Mejías

Instituto Pirenaico de Ecología (IPE-CSIC)

cperez@ipe.csic.es

Understanding the processes that control the isotope signal of speleothems is crucial to make confident paleointerpretations from cave records. In this way, a detailed monitoring survey has been developed in Ejulve cave (NE Spain) during four years (2013-2016) to explore the transference of the isotopic signal from rainfall to drip waters and farmed calcite. The preliminary results show a seasonal signal in the $\delta^{18}\text{O}$ of rainfall, with lower values in winter and higher in summer.

The $\delta^{18}\text{O}$ of the rainfall in this area are controlled by temperature ($\rho=0.61$, $p\text{-value}<0.0001$) with a slope of $0.40\text{‰}/^{\circ}\text{C}$ ($r^2=0.39$) and modulated by the source effect, as Atlantic fronts occurs mainly from September to April (with lower isotope values) and convective rainfalls during the rest of the year. The amount effect during the months of net positive rainfall (precipitation minus evapotranspiration) that recharges the epikarst, is negligible.

Drip water variability keeps this seasonality, although values are attenuated respect to rainfall and the drip water $\delta^{18}\text{O}$ averaged value is 1.84 ‰ lower than rainfall average. Both characteristics are due to the homogenization process of the water in the epikarst, so the signal of particular rainfall events is dampened. Moreover, in the farmed calcite the seasonality is recorded in both isotope signal and amount of calcite

precipitates. In that way, winter and spring are the seasons with higher calcite precipitates and lower isotope values, in contrast to summer with low amount of calcite and high isotope values.

The ventilation of the cave, linked to the seasons of high calcite precipitates, begins during late fall and spans until spring, when the cold and dense air surface sinks into the cave. This process, driven by air density, shows the highest $p\text{CO}_2$ values during summer months. The delay in the isotope signal of drip waters to rainfall are estimated in a range between 2 to 6 months, although some drips show a fast response to the rainfall evidenced by the increasing in the drip discharge rates in a few weeks. In this way, there are a high spatial differences between drippings, and two mainly groups emerge: a) seepage flow, with drips characterized by low isotope variability and low discharge; and b) seasonal drips, with medium-high isotope variability and high internal differences in discharge. These considerations are critical to make consistent paleoreconstructions with speleothems from this cave.

LA FASE SARDA: COMPARACIÓN ENTRE CERDEÑA Y PIRINEOS

Claudia Puddu

Departamento de Ciencias de la Tierra, Universidad de Zaragoza-C/ Pedro Cerbuna, 12. 50009- Zaragoza

732168@unizar.es

Introducción

La *Fase Sarda*, relacionada con una discordancia angular y estratigráfica de carácter regional entre las rocas de edad cambro-ordovícica (Formación de Cabitza: Cocozza, 1967) y las suprayacentes rocas del Ordovícico Superior (Formación de Monte Argentu: Laske et al., 1994), causó interrupciones o anomalías en la sedimentación ordovícica (discordancia estratigráfica y/o angular), eventualmente con conglomerados, depósitos de emersión y depósitos de hierro, y habría causado pliegues, fallas y cabalgamientos (SO de Cerdeña) que afectan a la serie cambro-ordovícica (CO) pero no la serie del Ordovícico Superior (OS). Intercalados en la serie hay también muchos productos volcánicos y magmáticos de edad Ordovícico Medio.

Discordancias similares (estratigráficas y angulares) de edad Ordovícico Medio-Superior (Caradoc de la escala británica) han sido reconocidas en regiones que durante el Ordovícico estaban próximas a la actual Cerdeña, como la Montaña Negra, los Pirineos, Turquía oriental y el Macizo Armoricano, y por eso, este trabajo propone aportar nuevos datos sobre la *Fase Sarda* comparando en primer lugar las rocas ordovícicas de Cerdeña (SE y SO) y las rocas de la misma edad de los Pirineos (La Cerdanya y Ribes de Freser de los Pirineos orientales), abordando el estudio conjunto y detallado de la estructura de las formaciones situadas por debajo y por encima de la discordancia.

Cartografía Geológica

Se ha hecho una cartografía geológico-estructural a escala 1:5000 con la recogida simultánea de datos estructurales y estratigráficos, medición de diferentes secciones estratigráficas representativas de los afloramientos y estudio de láminas delgadas.

Discordancia Sarda en la zona externa de Cerdeña

Estratigrafía: la serie pre-discordancia es continua desde el Cámbrico Inf. hasta el Ordovícico Inf., e incluye rocas de ambiente marino con una potencia de unos 2000 m, mientras el OS se compone de una secuencia grano-decreciente que empieza con un conglomerado sin fósiles (Fm. Monte Argentu) con matriz violeta y cantos de las formaciones infrayacentes.

Estructura: La serie CO está afectada por los pliegues sin foliación de la *Fase Sarda*, con orientación E-O, y por los pliegues hercínicos que afectan tanto al CO como al OS y se desarrolla en 3 fases: 1) fase con orientación E-O y foliación, 2) fase con pliegues orientados N-S y foliación muy penetrante, 3) fase con pliegues débil con orientación variable.

Discordancia: tiene una orientación NO-SE muy variable y corta la estratificación de el CO con ángulos diferentes. Está marcada por un cambio de tamaño de grano y de ambiente sedimentario.

Discordancia Sarda en la zona de mantos externos de Cerdeña

Estratigrafía: la serie CO, con arenitas y siltitas de ambiente marino, está coronada por una cuarcita o un conglomerado sin fósiles, y niveles de volcanitas de edad Ordovícico Medio y Superior.

Discordancia: está marcada por un conglomerado poligénico que no contiene cantos de volcanitas ni fósiles y que corta la estratificación del CO con ángulos variables.

Discordancia Sarda en la Cerdanya (Pirineos Orientales)

Estratigrafía: la discordancia sarda separa las rocas siliciclásticas

infrayacentes de la Fm. Jujols (pre-Ordovícico Superior), desde una secuencia grano-decreciente del OS definida por Hartevelt (1970) con una potencia variable de 390 m, dependiendo de pliegues y fallas. Esta se compone de: conglomerado de matriz roja (Formación Rabassa); areniscas y siltitas con braquiópodos y briozoos de edad Caradoc superior - Ashgill inferior de la escala británica (Formación Cava); calizas y margas fósilíferas de edad Asghill medio de la escala británica (Formación Estana); siltitas negras (Formación Ansobell); cuarcita (Formación Bar) donde se sitúa el límite Ordovícico - Silurico (Gil-Peña et al, 2004).

Estructura: se encuentran 3 sistemas de pliegues, 2 hercínicos con foliación asociada que afectan la serie CO y la serie OS, y uno pre-hercínico sin foliación, que afecta sólo al CO.

Discordancia: presenta una orientación NO-SE y está afectada por fallas directas N-S, y corta la estratificación de el CO con ángulos incluidos entre 0° y 90°.

Discordancia Sarda en la zona de Ribes de Freser (Pirineos Orientales)

El área de Ribes de Freser está caracterizada por una estructura donde diferentes unidades estructurales están deformadas para constituir un pliegue antiforme, como la unidad de Bruguera, de El Baell y de Ribes de Freser.

La unidad de **Bruguera** se compone de rocas siliciclásticas de edad pre-hercínica (Muñoz, 1985) coronadas por un complejo volcánico constituido por ignimbritas y lavas datado en ~455 Ma (Martí et al., 2015).

Estructura: las rocas paleozoicas de esta unidad están afectadas por 2 sistemas de pliegues hercínicos con orientación E-O y NO-SE sin foliación penetrativa (Muñoz, 1985).

Discordancia: en esta unidad la discordancia tiene una orientación NO-SE.

La unidad de **El Baell** se compone de por lo menos 300 m de calizas, margas y “schistes troués”, con fósiles del Ordovícico Superior

(Robert, 1980; Muñoz,1985), coronada por las siltitas negras (Formación Ansobell) del Hirnantiense. Las rocas carbonatadas pueden ser comparables con la Formación Estana (Muñoz, 1985), pero la base de la formación no aflora.



Estructura: las rocas están afectadas por un sistema de pliegues hercínicos orientado ENE-OSO.

Discordancia: en esta unidad no aflora el contacto basal del OS.

Foto de la discordancia sarda en La Cerdanya (Pirineos orientales)

Referencias bibliográficas

Calvino F. (1959), *Primi risultati di uno studio stratigrafico e tettonico della Sardegna sud-orientale*. - Mem. Acc. Patavina Sci. Lett. Arti, 41: 1 - 14.

Calvino F. (1961), *Lineamenti strutturali del Sarrabus - Gerrei (Sardegna sud-orientale)*. - Boll. Serv. Geol. d'It., 81: 489 - 556.

Cavet P. (1957) *Le Paléozoïque de la zone axiale des Pyrénées orientales françaises entre le Roussillon et l'Andorre*. Bull. Serv. Carte Géol. France, 55: 303–518.

Cocozza T. (1967), I rapporti cambro-ordoviciani nella zona di Acquaresi (Iglesiente, Sardegna sud-occidentale). - Res. Ass. in. Sarda, 72 (7): 3 - 37.

Gil-Peña I., Barnolas A., Villas E. & Sanz-López J. 2004. *El Ordovícico Superior de la Zona Axial*. In *Geología de España* (ed. J. A. Vera) - Madrid: SGE-IGME: 247-9.

Hartevelt J.J.A. (1970), Geology of the upper Segre and Valira valleys, central Pyrenees, Andorra/Spain. - Leidse Geologische Mededelingen, 45: 167–236

Laske R., Bechstädt T. & Boni M. (1994), *The post-Sardic Ordovician series*. - Bechstädt T. & Boni M. (1994), Sedimentological, stratigraphical and ore deposits field guide of the autoctonous Cambro-Ordovician of Southwestern Sardinia. - Serv. geol. Naz., Mem. Descr. Carta Geol. d'It., 48, parte 1: 115-146.

Muñoz, J. A. (1985), *Estructura alpina i herciniana a la vora sud de la zona axial del Pirineu oriental*. PhD, Univ. Barcelona.

Robert, J. F., 1980. *Etude géologique et métallogénique du Val de Ribas sur le versant espagnol des Pyrénées Catalanes*. PhD, Univ. Besançon

RESPUESTA DE LOS FORAMINÍFEROS BENTÓNICOS A DIFERENTES EVENTOS HIPERTERMALES DEL EOCENO MEDIO

Lucía Rivero Cuesta

lucia.rivero.cuesta@gmail.com

Introducción

Los eventos hipertermales del Eoceno se definen como alteraciones climáticas de corta duración en los que se produce un aumento de la temperatura seguido de un rápido enfriamiento, superponiéndose a la tendencia general de enfriamiento del Eoceno superior hacia el Oligoceno. Estos eventos están asociados a un aumento de la concentración del CO₂ en el sistema atmósfera-océano, provocando una mayor disolución del carbonato cálcico (CaCO₃) en las aguas que, a su vez, produce una somerización del nivel de compensación de la calcita (CCD por sus siglas en inglés). Organismos marinos como los foraminíferos, que construían sus conchas carbonatadas, pueden ser clave para desentrañar las causas y consecuencias de estos eventos.

El óptimo climático del Eoceno medio o MECO (Middle Eocene Climatic Optimum) fue definido por Bohaty & Zachos (2003) por un fuerte cambio negativo en los isótopos de oxígeno, que refleja un aumento de entre 4 a 6° C en aguas tanto superficiales como abisales. Alcanza su valor máximo alrededor de los 40.0 Ma y ha sido registrado globalmente, coincidiendo con bajas tasas de acumulación de carbonato. Este evento se registra en la biozona E12 de foraminíferos planctónicos, caracterizada por un aumento en el porcentaje de *Orbulina beckmanni*, especie típica de aguas cálidas.

Dentro del marco de mi tesis voy a realizar análisis cuantitativos de las asociaciones de foraminíferos bentónicos durante el MECO y otros eventos hipertermales menos estudiados. El objetivo es valorar el impacto de estos eventos en el medio bentónico y comparar sus efectos en diferentes latitudes, profundidades y océanos.

Secciones

Se han seleccionado cuatro secciones para su estudio:

- Torre Cardela: situada en la Cordillera Bética, esta sección correspondía a la zona suroccidental del océano Tetis y se ha estimado una paleoprofundidad de 1000 a 2000 m (batial inferior a abisal) durante el Eoceno medio.
- Alum Bay: se sitúa al Sur del Reino Unido, en la Isla de Wight, y corresponde a un medio mucho más somero con marcados cambios en el nivel del mar.
- Sondeo ODP (Ocean Drilling Program) 1260: situado en el Atlántico ecuatorial, tiene una profundidad de 2500 m.
- Sondeo ODP 702: Atlántico sur, es el de mayor profundidad (3000 m) así como el de mayor latitud.

Hipótesis

Estudios previos indican que la tasa de calentamiento durante el MECO debió de ser suficientemente lenta para que a la fauna bentónica le diese tiempo de adaptarse (Moebius et al., 2015), por lo que no se espera detectar extinciones de foraminíferos bentónicos, a diferencia del mayor evento hipertermal conocido durante el Paleógeno, el del Paleoceno-Eoceno. Sin embargo, sí se registran intervalos de mayor productividad (Boscolo Galazzo et al., 2015) que podrían haber modificado la composición de las asociaciones. Este aumento está asociado a una intensificación del ciclo hidrológico y un mayor aporte de nutrientes al océano (Moebius et al., 2014), aunque la intensidad de estos flujos de materia orgánica varían de unas zonas a otras y puede estar influenciado por diferentes factores. El estudio y comparación de las asociaciones de foraminíferos bentónicos nos ayudarán a entender y evaluar estos flujos, así como determinar si se producen cambios en el aporte de nutrientes al fondo marino, asociaciones posiblemente a cambios en la oxigenación de las aguas y a la proliferación de especies oportunistas.

Referencias Bibliográficas

- Bohaty, S.M., Zachos, J.C., (2003) Significant Southern Ocean warming event in the late middle Eocene. *Geology* 31, 1017–1020 pp.
- Boscolo Galazzo, F., Thomas, E., Pagani, M., Warren, C., Luciani, V., Giusberti, L., (2014) The middle Eocene climatic optimum (MECO): A multiproxy record of paleoceanographic changes in the southeast Atlantic (ODP Site 1263, Walvis Ridge): MECO repercussions in the SE Atlantic. *Paleoceanography* 29, 1143–1161 pp.
- Boscolo Galazzo, F., Thomas, E., Giusberti, L., (2015) Benthic foraminiferal response to the Middle Eocene Climatic Optimum (MECO) in the South-Eastern Atlantic (ODP Site 1263). *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 417, 432–444 pp.
- Edgar, K.M., Wilson, P.A., Sexton, P.F., Gibbs, S.J., Roberts A.P., Norris, R.D., (2010) New biostratigraphic, magnetostratigraphic and isotopic insights into the Middle Eocene Climatic Optimum in low latitudes. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 297, 670-682 pp.
- Moebius, I., Friedrich, O., Scher, H.D., (2014) Changes in Southern ocean bottom water environments associated with the Middle Eocene Climatic Optimum (MECO). *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 405, 16-27 pp.
- Moebius, I., Friedrich, O., Edgar, K.M., Sexton, P.F., 2015. Episodes of intensified biological productivity in the subtropical Atlantic Ocean during the termination of the Middle Eocene Climatic Optimum (MECO): Intensified Productivity During the MECO. *Paleoceanography* 30, 1041–1058 pp.

LOS MÁRMOLES DEL NOROESTE DE ESPAÑA (ACTUAL GALICIA): CONTRIBUCIÓN A SU CARACTERIZACIÓN ARQUEOMÉTRICA Y AL ESTUDIO DE SU EXPLOTACIÓN Y USO EN ÉPOCA ROMANA Y ALTOMEDIEVAL

Marie-Claire Savin

20, Rue Marc Sangnier- Résidence Ténéo Junior – Appartement 401A – 33400
TALENCE (FRANCE)

marie-claire.savin@bordeaux-montaigne.fr

Material noble, el mármol fue empleado muy ampliamente durante la Antigüedad. En el caso de la Hispania romana, se han realizado numerosos trabajos de caracterización e identificación de este recurso durante las últimas décadas. Sin embargo, este panorama es diferente en el noroeste peninsular manteniendo serias lagunas sobre su uso y explotación. Para hacer frente a esta situación, el programa de investigación interdisciplinar "Marmora Galicia", iniciado en 2012, ha permitido dar los primeros pasos para conocer el uso del mármol sobre el territorio de la actual Galicia. Esta tesis se enmarca dentro de este programa con una doble finalidad. Una parte importante está reservada para el reconocimiento y estudio de los frentes marmóreos disponibles y posiblemente explotados a partir de la época romana, con el fin de precisar las técnicas y las estrategias de extracción. Igualmente se pretende proceder a su caracterización arqueométrica con un estudio analítico multimétodo con objeto de conocer los parámetros que los identifican. Los afloramientos de mármol representan menos de 1% del territorio gallego, pero, sin embargo, la región ofrece un material macroscópicamente muy similar a algunos mármoles más conocidos de los Pirineos y de la Zona de Ossa Morena del Macizo Ibérico, lo que confirma el interés por estudiar más en profundidad esta región, para proponer procedencias correctas en el estudio arqueométrico de piezas arqueológicas.

HETEROGENEIDAD DE FACIES EN LA PLATAFORMA CARBONATADA SOMERA DEL FINAL DEL JURÁSICO (FM. HIGUERUELAS, MEZALLOCHA). RESULTADOS PRELIMINARES

Cristina Sequero López

Área de Estratigrafía, Departamento de Ciencias de la Tierra - IUCA

Facultad de Ciencias, Universidad de Zaragoza

csequero@unizar.es

Introducción y objetivos

La progresiva retirada del nivel del mar al final del Jurásico en la Cuenca Ibérica implicó la reducción de la extensión de las plataformas de tipo rampa, de modo que a partir del Kimmeridgiense superior estas quedaron abiertas solo hacia los dominios tetisianos. Las zonas más someras de esta plataforma registraron un amplio abanico de facies, con proporciones variadas de componentes esqueléticos (corales, estromatóporidos, foraminíferos, moluscos, equinodermos, entre otros) y no esqueléticos (oncoides, ooides, peloides, agregados), que están representadas por las calizas masivas o estratificadas en bancos gruesos de la Fm. Higuieruelas. Esta unidad es considerada un análogo excelente, tanto por edad como tipo de facies, de determinados reservorios carbonatados de hidrocarburos (e.g. Formación Arab, en el Golfo Pérsico).

Partiendo de los análisis de facies y secuenciales previos (Aurell y Meléndez, 1986; 1987; Ipas *et al.*, 2004; Aurell *et al.*, 2012), el presente proyecto de Tesis Doctoral pretende documentar el origen y evolución de facies de la plataforma somera a partir del análisis de la Fm. Higuieruelas de la zona centro-septentrional de la Cordillera Ibérica, donde la unidad muestra entre 40 y 70 m de potencia. Para ello se realizarán estudios sedimentológicos y correlaciones estratigráficas a diferentes escalas de observación, a fin de construir modelos que sirvan para hacer predicciones sobre la arquitectura sedimentaria y heterogeneidad de facies en este tipo de reservorios.

La primera fase de esta tesis se centra en el estudio sedimentológico en detalle de la parte superior de la Fm. Higuieruelas (10-16 m), en un

área de 2 x 1 km en el entorno de Mezalocha (provincia de Zaragoza), con objeto de estudiar la heterogeneidad de facies, discerniendo si se trata de cinturones continuos o más bien mosaicos de facies, así como la evolución temporal de los subambientes de sedimentación.

Facies

El análisis de facies realizado hasta el momento ha permitido diferenciar 5 tipos de facies y 11 subfacies, que abarcan distintos dominios submareales someros (desde barras internas a *lagoon* protegido), y cuyas principales características se resumen a continuación:

Facies de peloides, ooides y oncoides (P). Los peloides son el componente principal, y en menor proporción aparecen pequeños oncoides de tipo I y II (Dahanayake, 1977), ooides de tipo 1 y 1/3 (Strasser, 1986) y bioclastos resedimentados (equinodermos, bivalvos, braquiópodos, gasterópodos y foraminíferos). En función de la textura y proporción relativa de estos componentes se han distinguido 3 subfacies: P1-*packstone/wackestone* de peloides, escasos ooides, oncoides (acumulados en niveles centimétricos) y bioclastos; P2-*packstone/grainstone* de peloides y oncoides, con algunos ooides y bioclastos; y P3-*grainstone* de peloides, con escasa proporción de ooides y oncoides, sin apenas bioclastos. La subfacies P3 se relaciona con barras internas peloidales-oolíticas, *in situ* o resedimentadas (ver discusión en apartado siguiente). La subfacies P2 representaría dominios próximos a las barras, mientras que las subfacies P1 se asocian a depósitos de *lagoon* más interno.

Facies de oncoides (O). La principal característica es la presencia de oncoides de tipo III de hasta 5 cm de diámetro de láminas microbiales y micríticas. En función de la matriz que los rodea se diferencian subfacies O1, con matriz *packstone/wackestone* de peloides, y subfacies O2, con matriz *packstone/grainstone* de peloides con algunos ooides de tipo 1/3 y pequeños oncoides de tipo I y II, ambas con escasa proporción de bioclastos (bivalvos sobre todo). Esta facies correspondería a una zona interna del *lagoon*, con largos periodos de baja energía (generándose las laminaciones microbianas) alternando con episodios de alta energía (en los que se formaron las láminas micríticas). Las diferencias texturales responden a la mayor o menor agitación en el fondo y/o influencia de granos resedimentados desde las barras internas.

Facies de estromatopóridos (S). La principal característica es la abundancia de estromatopóridos, *in situ* o fragmentados, y en menor proporción de corales, en matriz *wackestone/packstone* fundamentalmente de micropeloides (subfacies S1) o *packstone/grainstone* de peloides, micropeloides y algunos oncoides de tipo I y II y ooides de tipo 1 y 1/3 (subfacies S2). Destacan los encostramientos de *Tubiphytes* en torno a los estromatopóridos. Esta facies ocupa diferentes posiciones dentro del *lagoon*, en transición a facies de oncoides y estromatopóridos (ver a continuación).

Facies de oncoides y estromatopóridos (OS). Presenta oncoides de tipo I, II y III, y fragmentos de estromatopóridos. Muestra una elevada proporción de bioclastos, la mayoría micritizados, destacando *Tubiphytes* y foraminíferos. Presenta matriz *packstone/wackestone* de peloides y micropeloides (subfacies OS1) o *packstone/grainstone* de peloides y micropeloides con algunos ooides de tipo 1 y 1/3 (subfacies OS2), de modo que son transicionales de las facies O y S.

Facies de porosidad fenestral (F). Suele encontrarse a techo de la unidad. La porosidad fenestral oscila entre el 10 y 25% del volumen de la facies. Se reconocen dos subfacies: *mudstone* (subfacies F1) y *packstone/grainstone* de peloides, ooides de tipo 1 y 1/3 y bioclastos (subfacies F2). Se asocian a exposición subaérea bien de montículos fangosos (subfacies F1) o de sedimento granosostenido (subfacies F2). Ambas presentan en ocasiones estructuras estromatolíticas, lo que sugiere una intervención microbiana.

Distribución de ambientes de sedimentación

La distribución vertical de las facies en las secciones estudiadas refleja una secuencia somerizante, con predominio de facies de *lagoon* protegido a la base y culminando a techo con facies de porosidad fenestral.

Las relaciones laterales observadas hasta el momento sugieren una distribución preferente de los dominios más internos del *lagoon* al noroeste y las facies más granosostenidas al sureste. Se da una evolución lateral de las subfacies de relativa menor energía P1 y O1, y esta última a su vez con las subfacies OS1 y S1. Del mismo modo ocurre con las subfacies de relativa mayor energía P2, O2, OS2 y S2. Las facies de estromatopóridos (S) y las de porosidad fenestral F son las que presentan

más claramente una distribución en parches, de más de un centenar de metros de extensión lateral. Respecto a la subfacies P3, dado que presenta unas características notablemente diferentes al resto de subfacies, podría interpretarse por un lado como depósitos de *washover fan* dentro del *lagoon*, con material resedimentado desde las barras internas, o bien representar las barras *in situ*. No obstante, esta subfacies se dispone indistintamente sobre y lateralmente a facies muy variadas, lo que apoyaría la hipótesis de que se trataría de depósitos asociados a eventos de tormenta.

Referencias Bibliográficas

Aurell, M. y Meléndez, A. (1986) Sedimentología de la formación calizas con oncolitos de Higuieruelas (Malm) en la región de Muel-Belchite (Provincia de Zaragoza). *Acta Geológica Hispánica*, 21-22: 307-312.

Aurell, M. y Meléndez, A. (1987) Las bioconstrucciones de corales y sus facies asociadas durante el Malm en la Cordillera Ibérica Central (provincia de Zaragoza). *Estudios Geológicos*, 43: 261-269.

Aurell, M., Ipas, J., Bádenas, B. y Arsenio, M. (2012) Distribución de facies con corales y estromatopóridos en el dominio interno de una plataforma carbonatada (Titónico, Cordillera Ibérica). *Geogaceta*, 51: 2012.

Dahanayake, K. (1977) Classification of oncoids from Upper Jurassic carbonates of the French Jura. *Sedimentary Geology*, 18: 337-353.

Ipas, J., Aurell, M. y Bádenas, B. (2004) Ambientes sedimentarios y secuencias en la Fm. Higuieruelas (Jurásico Superior) en la Cordillera Ibérica Septentrional. *Geogaceta*, 35: 2004.

Strasser, A. (1986) Ooids in Purbeck limestones (Lowermost Cretaceous) of the Swiss and French Jura. *Sedimentology*, 33: 711-727.

SIGNIFICADO Y ORIGEN MICROBIANO DE LA COSTRA FERROMANGANESIANA CON ESTROMATOLITOS PELÁGICOS DEL JURÁSICO DE MALLORCA (SECCIÓN S'HERETAT)

Ana Sevillano Matilla

IGME-Palma de Mallorca. C/ Felicià Fuster, 7. 07006- Palma de Mallorca

a.sevillano@igme.es

Introducción

El desarrollo de costras ferromanganesianas es un rasgo sedimentario característico de muchas plataformas carbonatadas jurásicas del dominio tethysiano. Éstas se encuentran normalmente asociadas a hiatos sedimentarios y a fases de sedimentación condensada. Este es el caso de la sedimentación durante el Lías en la plataforma carbonatada somera de la Isla de Mallorca, la cual experimentó fragmentación y hundimiento (*drowning*) en el tránsito entre el Jurásico Inferior y Medio (Alvaro *et al.*, 1989), como consecuencia de la propagación del Tethys hacia el oeste y el comienzo de la apertura del Atlántico Central. Esto dio lugar, a partir del Toarciense, a un cambio brusco hacia una sedimentación pelágica-hemipelágica y de talud en áreas de surco y al desarrollo de series condensadas en zonas de umbral. En estas últimas, la discontinuidad se reconoce en el campo como un *hardground* con una costra ferromanganesiana bien desarrollada sobre facies de plataforma de la Fm. Es Cosconar, de edad Pliensbachense (Fig. 1A). Sobre este *hardground* se disponen directamente materiales pelágicos y hemipelágicos de edades que oscilan entre el Toarciense en las zonas más occidentales (Sierra de Tramontana) y el Aalenense y Bajociense en las Sierras de Levante (Fig. 1A) (Alvaro *et al.*, 1989).

Ejemplos de este *hardground* han sido observados en diferentes afloramientos de las islas de Mallorca y Cabrera (Fig 1B). En este trabajo se describen las estructuras organo-sedimentarias asociadas a la costra ferromanganesiana en la sección de S'heretat, localizada en las Sierras de Levante (Fig. 1B).

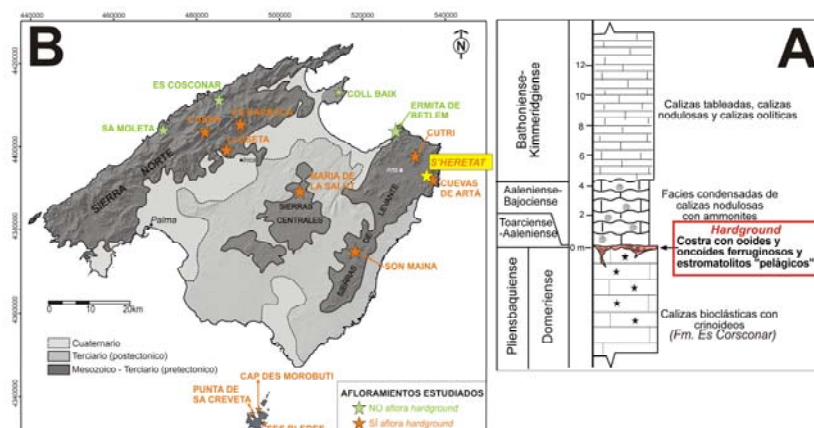


Figura 1. Situación geológica y estratigráfica del afloramiento estudiado

Descripción

La discontinuidad estudiada en la sección de S'heretat presenta un desarrollo polifásico, con diversas fases de formación de diques neptunianos y cavidades de disolución, que aparecen tapizados y rellenos por costras laminadas de óxidos de Fe y Mn, oolitos ferruginosos y estromatolitos pelágicos.

Las observaciones de campo (Fig. 2) y microscópico petrográfico revelan una secuencia de formación de la costra ferruginosa que comienza con un intenso desarrollo de microperforaciones, nodulización y sustitución del sustrato de carbonato por óxidos de Fe, debido a la actividad de micro-organismos endolíticos, seguido por la formación de estructuras microbianas acrecionales (microbialitas o estromatolitos) sobre la superficie irregular y en las cavidades crípticas, junto con relleno de las cavidades por sedimento pelágico con ooides y oncooides ferruginosos.

Dentro de las estructuras microbianas constructivas o acrecionales se distinguen, en aparente secuencia estratigráfica (Fig. 2): 1) recubrimientos de paredes de cavidades crípticas y nódulos de la caliza previa por óxidos de Fe laminares (formación de costras y oncoides ferruginosos), 2) estromatolitos laminares carbonatados, que pueden aparecer parcial o completamente ferruginizados o fosfatados, creciendo sobre la superficie irregular y en diques neptúnicos y cavidades, 3) estromatolitos microcolumnares ferruginosos (tipo *Frutexités*) rellenando cavidades crípticas entre los depósitos previos y tapizando las paredes de cavidades de nueva formación, 4) relleno de cavidades por brechas y sedimento carbonatado con ooides y oncoides ferruginosos, 5) relleno de nuevos diques neptúnicos y cavidades de disolución por cementos fibrosos, sedimento pelágico con belemnites y estromatolitos microcolumnares ferruginosos, y finalmente, 6) estromatolitos columnar-dendríticos de óxidos de Fe y Mn.

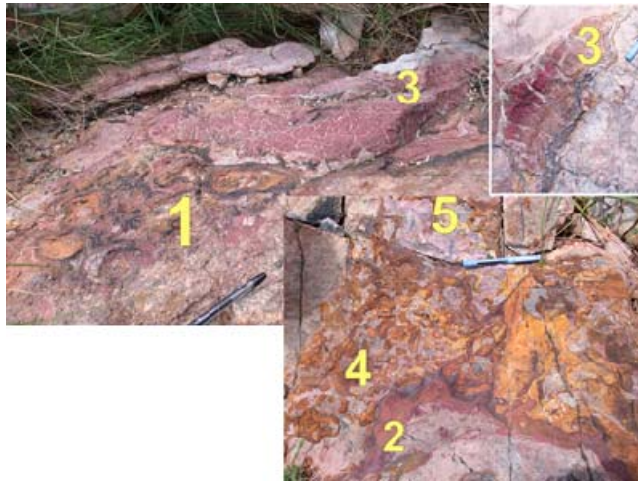


Figura 2. Aspecto de campo de las estructuras microbianas acrecionales

El estudio al microscopio de láminas delgadas muestra evidencias de reemplazamiento de los estromatolitos carbonatados laminares y microcolumnares (tipo *Frutexités*) por fosfato y óxidos de Fe, lo que apoya una mineralización original en forma de calcita y un posterior reemplazamiento por fosfato y óxidos de Fe (Myrow & Coniglio,

1991). El estudio al microscopio electrónico de barrido (SEM) revela la presencia de estructuras globulosas y filamentosas que se interpretan como microbios mineralizados (funji y/o bacteria). Se distinguen hifas y esporas; algunas forman filamentos ramificados que se asemejan a micelos.

Interpretación

Las estructuras descritas sugieren la mediación de microbios en los sucesivos procesos de mineralización de los estromatolitos. Esta pudo ser de cianobacterias en el caso de los estromatolitos carbonatados, lo que sugeriría un ambiente de depósito para estos dentro o en el límite de la zona fótica. Posteriormente, el progresivo reemplazamiento del carbonato por fosfato y óxidos de Fe se pudo producir durante largos periodos de cese en el crecimiento de los estromatolitos carbonatados, posiblemente por la acción y ataque del carbonato por hongos y bacterias heterótrofas, en condiciones de ausencia de luz y disaeróbicas (Preat *et al.*, 2008). Los ooides y oncoides ferruginosos que forman parte del sedimento que rellena las cavidades y diques neptúnicos están formados principalmente por óxidos de Fe laminados y se interpretan como desarrollados por microorganismos no fotótrofos en condiciones de ausencia de luz, muy probablemente dentro del sedimento.

La sucesión descrita en la formación de estos depósitos microbianos sugiere muy bajas tasas de sedimentación y el reemplazamiento con el tiempo en los consorcios de microbios dominantes, como respuesta, probablemente, a variaciones en las condiciones tróficas y fóticas debido a una progresiva profundización del medio de depósito durante la fragmentación y el colapso tectónico de la plataforma.

Referencias bibliográficas

Alvaro, M., Barnolas, A., Cabra, P., Comas-Rengifo, M.J., Fernández-López S.R., Goy, A., Del Olmo, P., Ramírez del Pozo, J., Simó, A., y Ureta, S. (1989). Cuadernos de Geología Ibérica, 13, 67–120.

Myrow, P.M. & Coniglio, M. (1991). *Palaios*, 6: 572-585.

Preat, A., El Hassani, A. & Mamet, B. (2008). *Facies*, 54: 107-120.

REINTERPRETANDO LA GEOLOGÍA DE LA MINA SANTA ROSA

Víctor Suárez Monfort

PROMINDSA

522069@unizar.es

La mina *Santa Rosa* es la mina de hierro más importante del área del Moncayo (Sector Central de la Cordillera Ibérica, NE de España), siendo conocido su potencial económico desde la antigüedad. La mina está emplazada en el *Barranco del Judío*, un accidente geográfico de dirección principal NE-SW localizado en las inmediaciones de la localidad de Tierga (Zaragoza). Desde un punto de vista estructural, la mina se ubica en el sector central del núcleo paleozoico de la Rama Aragonesa de la Cordillera Ibérica, y más concretamente, en el punto más septentrional de los materiales paleozoicos prehercínicos de la Unidad tectono-estructural de Mesones (Pérez-Lorente, 1990), entre el Cabalgamiento de Datos y la Falla de Jarque, dos de los accidentes tectónicos de dirección ibérica (NW-SE) de mayor desarrollo en la Cadena Ibérica Oriental. Hacia el N de la mina, los materiales paleozoicos quedan cubiertos de forma discordante por los materiales del Buntsandstein, por lo que no puede llevarse a cabo un estudio cartográfico de superficie de estos materiales más allá del emplazamiento de la explotación.

Toda la serie cámbrica en la zona de la mina presenta un buzamiento medio de 22° hacia el WNW (López *et al.*, 2011) y abarca materiales pertenecientes a los pisos Ovetiense y Marianiense del Cámbrico Inferior, y más concretamente, a las Fms. Capas abigarradas del Jalón, Dolomías de Ribota y Pizarras de Huérmeda, siendo (posiblemente) la propia mineralización de hierro en su génesis uno o más niveles de la serie sedimentaria cámbrica, y estando situada en la zona de tránsito entre las Fms. Jalón y Ribota. García Cortés (1975) describe la Fm. Jalón como una serie "*de pizarras rojo-violáceas, a veces verdosas o azules, en las que hay pasadas de areniscas, cuarcitas y margas más o menos calcáreas o dolomíticas,*

entre las que se intercalan bancos carbonatados que, en dirección al techo, se hacen más frecuentes y más potentes", aumentando su potencia hacia techo, desde varios cm a varios metros. El espesor medio de la Fm. Jalón varía entre los 150 y los 200 metros (Sdzuy & Liñán, 1993), pudiendo llegar al doble en los alrededores de Mesones de Isuela (Valenzuela *et al.*, 1990), muy cerca de la mina Santa Rosa. "El yacimiento estratiforme de oligisto de Tierga" aparece, según García Cortés (1975), en los niveles dolomíticos que marcan el tramo superior de la Fm. Jalón. Este mismo autor afirma que los bancos carbonatados han sido dolomitizados y silicificados, mientras que las pizarras existentes tienen un notable contenido en sílice y en sulfuros de hierro, lo que les da un color verde cuando no están oxidadas, y rojo en superficie. Así mismo, indica que algunos niveles ferruginosos presentan estructuras de sobrecarga, de *slumping* y laminación cruzada de pequeña escala.

Según López *et al.* (2011), la mineralización del yacimiento consiste en varios niveles de hematites tabulares, de un espesor que oscila entre los 0.5 y los 3-4 metros, emplazados entre dolomías grises a pardas y lutitas verdes. El trabajo de campo llevado a cabo durante los dos últimos años indica que estos niveles mineralizados presentan una geometría lenticular a sigmoidal, y que están formados por apilamientos de sigmoides tectónicos constituidos por hematites y otras litologías, de tal modo que pueden engrosarse hasta alcanzar más de 6 metros de espesor o adelgazarse y acunarse hasta desaparecer por completo. La apariencia tabular descrita por López *et al.* (2011) es debida a la gran extensión lateral de estos cuerpos mineralizados, lo que contrasta con su reducida potencia, y a la dificultad de encontrar estructuras sigmoidales dentro de los propios cuerpos mineralizados (la mayor parte de las texturas y contactos se han borrado). No obstante, es habitual encontrar este tipo de estructuras en las dolomías y lutitas y, en algunas zonas de la mina, también dentro de los cuerpos de hematites. Así mismo, son habituales los contactos lutíticos asociados a planos de cabalgamiento, en su mayoría de poco desplazamiento. Aunque estas notorias variaciones de espesor y acunamientos de la mineralización se deben, pues, a causas exclusivamente tectónicas, existen casos puntuales en los que se observan dichas variaciones asociadas a fallas sinsedimentarias.

Levantar una columna estratigráfica de detalle en los materiales del entorno de la mina es una tarea ardua, quizás imposible de llevar a cabo

en detalle, dado que estos materiales se presentan, como ya se ha dicho, fallados, plegados y cabalgados de forma reiterativa, generándose repeticiones constantes de la serie. Estas repeticiones se producen a escalas desde centimétricas hasta decamétricas (según observaciones en campo), pero no se descarta que se produzcan también a una escala aún mayor. Así mismo, muchas fallas y planos de cabalgamiento se presentan completamente soldadas y, habitualmente, cubiertas por materiales más modernos y/o removilizados, siendo prácticamente imposibles de localizar salvo en zonas muy puntuales del yacimiento, lo que dificulta más aún definir el espesor real de los materiales y lo que, quizás, sea la causa de los espesores anómalos de la Fm. Jalón descritos por Valenzuela *et al.*, 1990.

La complejidad estructural del yacimiento *Santa Rosa* es, pues, notoria, caracterizándose por presentar: (1) fracturas, fallas normales, inversas y transformantes, planos de cabalgamiento y cuerpos sigmoidales completamente tectonizados, entrecruzados unos con otros generando una estructura general aparente de bloques en *horst* y *graben*; (2) variaciones de espesor notorias y desapariciones locales tanto de los cuerpos mineralizados como de las rocas encajantes (dolomías, lutitas, pizarras y margas); (3) cambios laterales y verticales de facies de los materiales encajantes (las dolomías se transforman en dolomías margosas, margas y lutitas); y (4) superposición de varias etapas tectónicas claramente post-sedimentarias sobre una tectónica sinsedimentaria. A todo esto se suma (5) que el límite entre los materiales de la Fm. Jalón y la Fm. Ribota no está bien definido en los alrededores de la mina, (6) que no hay un acuerdo claro en la posición de la capa o capas mineralizadas dentro de la serie, y (7) que no está clara la génesis del yacimiento.

La modelización en 3D del yacimiento está permitiendo la correlación estratigráfica de los materiales de *Santa Rosa*, así como la comprensión de la estructura. Gracias a ella se ha podido resolver uno de los enigmas planteados hace un año: el contacto entre los cuerpos mineralizados y los materiales que marcan el techo de la mineralización, de origen lutítico-margoso y color verde, es un contacto tectónico asociado a un plano de cabalgamiento de dirección aproximada NNE-SSW. No obstante, los otros dos enigmas planteados aún no han podido ser resueltos: (a) ¿es posible que la capa mineralizada sea en su génesis

únicamente una, repetida localmente por tectónica, o que sea un conjunto de capas claramente diferenciadas? Sus espesores y geometrías distan mucho de unas a otras, pero prácticamente todas tienen la misma extensión lateral; y (b) los materiales verdosos que marcan el techo de la mineralización y que cabalgan sobre ella, ¿forman parte de la Fm. Jalón o de la Fm. Ribota, tal y como describe Schmidt-Thome (1968)?

Referencias Bibliográficas

García Cortés, A. (1975). Programa Sectorial de Investigación de Minerales de Hierro. Estimación del Potencial Minero en el Subsector VII, Centro-Levante, Área 4: Moncayo. Instituto Geológico y Minero de España, Ministerio de Industria. Madrid.

López-Ciriano, A., Biel, C., Prada-Organ, F., Subías, I., Gent, M. & Torno-Lougedo, S. (2011). Santa Rosa mine, Tierga (NE of Spain): an approach to its geology and mineralogy. In: Let's Talk Ore Deposits, Barra, F. et al (eds.), vol 2: 760-762.

Pérez-Lorente, F. (1990). Datos tectónicos de un área alrededor de Mesones de Isuela e Illueca (Provincia de Zaragoza, Cordillera Ibérica). Bol. R. Soc. Esp. Hist. Nat. (Sec. Geol.), 85(1-4), 23-43.

Schmidt-Thome, M. (1968). Beiträge zur Feinstratigraphie des Unterkambriums in den Iberischen Ketten (Nordost Spanien). Diss. Univ. Würzburg.

Sdzuy, K. & Liñán, E. (1993). Rasgos Paleogeográficos del Cámbrico Inferior y Medio del Norte de España. Cuaderno Lab. Xeológico de Laxe, 18, 189-215.

Valenzuela, J.I., Gámez, J.A., Liñán, E. & Sdzuy, K. (1990). Estratigrafía del Cámbrico de la región de Brea. Cadena Ibérica Oriental. Bol. R. Soc. Esp. Hist. Nat. (Sec. Geol.) 85: 45-54.

SEÑAL CLIMÁTICA DEL ENFRIAMIENTO
PLIENSBACHIENSE (JURÁSICO INFERIOR) EN LA
CUENCA IBÉRICA: SEDIMENTOLOGÍA,
CICLOSTRATIGRAFÍA Y QUIMIOSTRATIGRAFÍA

Jorge Val Muñoz

Área de Estratigrafía. Departamento de Ciencias de la Tierra

Facultad de Ciencias, Universidad de Zaragoza

jorgevalmunoz@gmail.com

Las cuencas europeas occidentales registran durante el Pliensbachiense superior un episodio regresivo que ha sido asociado por muchos autores a un interludio frío precediendo al posterior evento de calentamiento del Toarciense inferior (Price, 1999). Los autores que han estudiado el registro isotópico de este episodio de enfriamiento en sucesiones relativamente profundas de diversas cuencas europeas reconocen valores de $\delta^{18}\text{O}$ más altos y de $\delta^{13}\text{C}$ más bajos para el Pliensbachiense superior que aquellos registrados en el Toarciense (ej., Cuenca Astúrica: Gómez *et al.*, 2015; Cuenca Vasco-Cantábrica: Rosales *et al.*, 2004).

Los análisis sedimentológicos, ciclostratigráficos y quimiostratigráficos realizados en este trabajo analizan por vez primera la señal isotópica del enfriamiento del Pliensbachiense superior en los dominios relativamente someros de rampa carbonatada en la Rama Aragonesa de la Cuenca Ibérica registrados por los depósitos bioclásticos de la Fm. Barahona, en la sección de Obón (Teruel) (Val y Bádenas, 2014).

Se han identificado dos diferentes órdenes de secuencias de alta frecuencia y potencia métrica, cuya calibración temporal puede encajar con los parámetros orbitales de excentricidad de corto y largo término definidos por los ciclos de Milankovitch.

Los datos isotópicos obtenidos mediante conchas de braquiópodos y rostros de belemnites indican tendencias de $\delta^{18}\text{O}$ progresivamente crecientes y de $\delta^{13}\text{C}$ ligeramente decrecientes para la biozona *Spinatum* del Pliensbachiense terminal, reflejando la influencia de las condiciones de enfriamiento. Sin embargo, el análisis sedimentológico refleja que la tendencia regresiva coevalente en la evolución de las facies se ve interrumpida por un evento tectónico regional en la parte superior de la biozona *Spinatum*, produciendo una transgresión y cambio en la polaridad de las facies.

Referencias Bibliográficas

- Gómez, J.J., Comas-Rengifo, M.J. & Goy, A. (2015). Palaeoclimatic oscillations in the Pliensbachian (Lower Jurassic) of the Asturian Basin (Northern Basin). *Clim. Past. Discuss* 11, 4039-4076.
- Price, G. (1999). The evidence and implications of polar ice during the Mesozoic. *Earth-Science Reviews* 48, 183-210.
- Rosales, I., Quesada, S. & Robles, S. (2004). Paleotemperature variations of Early Jurassic seawater recorded in geochemical trends of belemnites from the Basque-Cantabrian basin, northern Spain. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 203, 253-275.
- Val, J. & Bádenas, B. (2014). Sedimentología y cicloestratigrafía de la Formación Barahona (Jurásico Inferior) en la Rama Aragonesa de la Cordillera Ibérica. *Geogaceta* 56, 47-50.

Conferencias realizadas durante el curso 2016-2017



DOCTORADO EN GEOLOGÍA 2016/17
IX CICLO DE CONFERENCIAS Y SEMINARIOS

- 17 de Noviembre. **Dr. Javier Martínez Gil**
Fundación Nueva Cultura del Agua - Universidad de Zaragoza
Una nueva cultura del agua y de la vida

- 1 de Diciembre. **Dr. Salomon Montesinos**
SM GEODIM
La teledetección, una herramienta para las Ciencias de la Tierra y la Ingeniería

- 19 de Enero. **Dr. Yoseph Yechieli**
Geological Survey of Israel
Formation of sinkholes in the Dead Sea area, geological and hydrological considerations

- 26 de Enero. **Dr. Josep Gisbert Aguilar**
Petrología, Universidad de Zaragoza
El geólogo como emprendedor
* 26 de Enero. **1ª SESIÓN DE SEMINARIOS**

- 9 de Febrero. **Dr. Jorge Esteve Serrano**
Paleontología, Universidad de Zaragoza
Nuevas herramientas del siglo XXI para responder viejas preguntas sobre la evolución de los trilobites

- 23 de Febrero. **Dr. Alfonso Meléndez Hevia**
Estratigrafía, Universidad de Zaragoza
La Estratigrafía y Sedimentología en los últimos 50 años: una visión personal de los cambios
* 23 de Febrero. **2ª SESIÓN DE SEMINARIOS**

- 9 de Marzo. **Dr. Eladio Liñan Gujjarro**
Paleontología, Universidad de Zaragoza
El registro fósil y el Patrimonio de Aragón. Una historia interminable

- 23 de Marzo. **Dr. Andrés Pocovi Juan**
Geodinámica Interna, Universidad de Zaragoza
Medio Siglo de aprendizaje de Tectónica Global
* 23 de Marzo. **3ª SESIÓN DE SEMINARIOS**

- 27 de Abril. **Eduardo Garrido Schneider**
Instituto Geológico y Minero de España, Zaragoza
La explotación del agua subterránea y de la energía geotérmica en la ciudad de Zaragoza



Tabla de las Actividades del Programa de Doctorado en Geología del curso 2016-2017: IX conferencias y seminarios


 Departamento de
Ciencias de la Tierra
Universidad Zaragoza

IX Cielo Conferencias y Seminarios de Doctorado en Geología

DR. JAVIER MARTÍNEZ GIL
FUNDACIÓN NUEVA CULTURA DEL AGUA- UNIVERSIDAD DE ZARAGOZA



CONFERENCIA
UNA NUEVA CULTURA DEL AGUA
Y DE LA VIDA

JUEVES 17 de noviembre
12:00 HORAS
SALÓN DE ACTOS DEL EDIFICIO
DE GEOLÓGICAS





 Departamento de
Ciencias de la Tierra
Universidad Zaragoza

IX Cielo Conferencias y Seminarios de Doctorado en Geología

DR. SALOMÓN MONTESINOS
SM GEODIM



CONFERENCIA
LA TELEDETECCIÓN, UNA
HERRAMIENTA PARA LAS CIENCIAS
DE LA TIERRA Y LA INGENIERÍA

JUEVES 1 de diciembre
12:00 HORAS
SALÓN DE ACTOS DEL EDIFICIO
DE GEOLÓGICAS




IX Ciclo Conferencias y Seminarios de Doctorado en Geología

Departamento de Ciencias de la Tierra Universidad Zaragoza

Facultad de Ciencias Universidad Zaragoza

Dr. Yoseph Yechieli
Geological Survey of Israel

Formation of sinkholes in the Dead Sea area, geological and hydrological considerations

JUEVES 19 de Enero 12:00 HORAS
SALÓN DE ACTOS DEL EDIFICIO DE GEOLÓGICAS

Departamento de Ciencias de la Tierra Universidad Zaragoza

IX Ciclo Conferencias y Seminarios de Doctorado en Geología

DR. JOSEP GISBERT AGUILAR
ÁREA DE PETROLOGÍA-UNIVERSIDAD DE ZARAGOZA

CONFERENCIA
EL GEÓLOGO COMO EMPRENDEDOR

JUEVES 26 DE ENERO
12:00 HORAS
SALÓN DE ACTOS DEL EDIFICIO DE GEOLÓGICAS

SCAR

Facultad de Ciencias Universidad Zaragoza


 Departamento de Ciencias de la Tierra
 Universidad Zaragoza

IX Ciclo Conferencias y Seminarios de Doctorado en Geología

DR. JORGE ESTEVE
ÁREA DE PALEONTOLOGÍA



Escaneo → **Modelización**

Resolución de la imagen: Modelización: simulación

CONFERENCIA

NUEVAS HERRAMIENTAS DEL SIGLO XXI PARA RESPONDER VIEJAS PREGUNTAS SOBRE LA EVOLUCIÓN DE LOS TRILOBITES

JUEVES 9 de febrero
12:00 HORAS
SALÓN DE ACTOS DEL EDIFICIO DE GEOLÓGICAS


 Facultad de Ciencias
 Universidad Zaragoza


 Departamento de Ciencias de la Tierra
 Universidad Zaragoza

IX Ciclo Conferencias y Seminarios de Doctorado en Geología

DR. ALFONSO MELÉNDEZ HEVIA
ÁREA DE ESTRATIGRAFÍA-UNIVERSIDAD DE ZARAGOZA



CONFERENCIA

LA ESTRATIGRAFÍA Y SEDIMENTOLOGÍA EN LOS ÚLTIMOS 50 AÑOS: UNA VISIÓN PERSONAL DE LOS CAMBIOS

JUEVES 23 DE FEBRERO
12:00 HORAS
SALÓN DE ACTOS DEL EDIFICIO DE GEOLÓGICAS



 Facultad de Ciencias
 Universidad Zaragoza

 Departamento de Ciencias de la Tierra
Universidad Zaragoza

DR. ELADIO LIÑÁN GUIJARRO
ÁREA DE PALEONTOLOGÍA-UNIVERSIDAD DE ZARAGOZA



CONFERENCIA
EL REGISTRO FÓSIL Y EL PATRIMONIO DE ARAGÓN.
UNA HISTORIA INTERMINABLE.

JUEVES 9 DE MARZO
12:00 HORAS
SALÓN DE ACTOS DEL EDIFICIO
DE GEOLÓGICAS

 Facultad de Ciencias
Universidad Zaragoza



 Departamento de Ciencias de la Tierra
Universidad Zaragoza

DOCTORADO EN GEOLOGÍA 2016/17
IX CICLO DE CONFERENCIAS Y SEMINARIOS

Medio Siglo de aprendizaje de Tectónica Global



23 de Marzo
de 2017,
12 h

 Facultad de Ciencias
Universidad Zaragoza

Universidad de Zaragoza

Salón de Actos de Geológicas

 Departamento de
Ciencias de la Tierra
Universidad Zaragoza

IX Ciclo Conferencias y Seminarios de Doctorado en Geología

DR. EDUARDO GARRIDO SCHNEIDER
INSTITUTO GEOLÓGICO Y MINERO DE ESPAÑA, ZARAGOZA



CONFERENCIA
La explotación del agua subterránea y de la energía geotérmica
en la ciudad de Zaragoza

JUEVES 27 DE ABRIL
12:00 HORAS
SALÓN DE ACTOS DEL EDIFICIO DE GEOLÓGICAS

 Facultad de Ciencias
Universidad Zaragoza