

Plan de difusión de las Unidades de Excelencia

A. DATOS DE LA PROPUESTA

1) Nombre de la unidad de excelencia y acrónimo

Carbonates: from biomineralization and Earth's climate evolution to CO₂ capture and built heritage conservation

2) Datos de localización y contacto:

- 2.1. Dirección sede: Dpto. Mineralogía y Petrología
Facultad de Ciencias
Universidad de Granada
Fuentenueva s/n
18002 Granada
- 2.2. Teléfono de contacto: +34-958 246616
- 2.3. e-mail: carlosrn@ugr.es
- 2.4. Direcciones webs:
<http://www.ugr.es/~grupo179/>
<http://www.ugr.es/~minpet/>

3) Palabras clave:

Carbonatos, biomineralización, paleoclima y cambio climático, geoquímica, conservación de monumentos

4) Resumen científico de la propuesta

Esta UCE plantea avanzar la investigación que en los últimos años vienen desarrollando sus diferentes miembros y que se ha centrado en el análisis de la precipitación/disolución tanto biótica (biominerales y fósiles) como abiótica (química) de los carbonatos y sus implicaciones/aplicaciones en múltiples aspectos biológicos, paleontológicos, geoquímicos, mineralógicos, cristalográficos, químicos, climatológico-ambientales, biomédicos e histórico-artísticos.

Los carbonatos (por ejemplo: calcita, aragonito y dolomita) son fases minerales muy abundantes en la corteza terrestre (> 17 % de las rocas de la superficie continental), y desempeñan un papel clave en la evolución del clima y de la vida en la Tierra. En su formación intervienen diversos organismos tanto procariotas (bacterias) como eucariotas (por ejemplo: foraminíferos y moluscos) que, una vez acumulados en cuencas sedimentarias y fosilizados, fijan de forma estable el CO₂ atmosférico como mineral. El estudio de tales organismos formadores de biominerales de CaCO₃ y de los procesos de biomineralización

permite conocer la evolución de las diversas especies que aparecen en el registro fósil y del clima en tiempos geológicos pasados y predecir su evolución futura. Esto es clave para aplicar medidas que reduzcan la concentración de CO₂ atmosférico actual y el consiguiente efecto invernadero mediante su fijación como carbonatos. El estudio de la formación y disolución de estas fases minerales está demostrando que, en contra de lo pensado en los últimos 100 años, ésta ocurre de forma no-clásica mediante precursores amorfos. Tal conocimiento permite diseñar nuevas rutas para la fabricación de nuevos materiales funcionales: desde implantes osteoinductivos hasta materiales opto-electrónicos. Además, el carbonato cálcico es el principal componente de calizas y mármoles, rocas ornamentales que sufren procesos de degradación (el llamado mal de la piedra) que hacen peligrar el futuro de numerosos edificios históricos y obras de arte. El estudio de la alteración de los carbonatos permite diseñar nuevos métodos de protección y conservación del patrimonio histórico-artístico mediante, por ejemplo, biomineralización bacteriana de CaCO₃, método patentado por nuestro equipo.

Nuestro objetivo es avanzar en el estudio de los procesos bióticos y abióticos de formación y alteración de carbonatos integrando líneas de investigación complementarias, lo que ayudará a que la UGR sea un referente internacional en este campo. Para ello se desarrollarán los siguientes retos investigadores:

1. Comprender mejor los procesos mediante los cuales los organismos regulan la precipitación de minerales con una cristalinidad y nano-microestructura controlada.
2. Reducción de las emisiones de CO₂ mediante su captura y almacenamiento como carbonatos.
3. Analizar cambios en el sistema climático asociados a variaciones en las condiciones ambientales (temperatura, oxigenación, nutrientes) que influyen en la biota generadora de trazas fósiles.
4. Conservación del patrimonio histórico y cultural mediante nuevos métodos biomiméticos y de biomineralización (bacteriana).

Desde el año 2010, los componentes de esta UCE han publicado 300 artículos científicos en revistas JCR, han recibido 8118 citas (según la base de datos Scopus), han participado en 56 proyectos (nacionales e internacionales) con una financiación que supera los 5 M de euros y han publicado 3 patentes en explotación.

5) Listado de investigadores garantes de la propuesta.

5.1. IP de la Unidad:

Carlos Rodríguez Navarro, Catedrático de Universidad

Departamento de Mineralogía y Petrología

Perfil en Google Scholar:

<https://scholar.google.es/citations?user=QTevbosAAAAJ&hl=es&oi=ao>

Perfil en Research id.: <http://www.researcherid.com/rid/L-3024-2014>

ORCID ID: 0000-0002-3179-8428

Grupo de investigación: RNM179 (Mineralogía y geoquímica de los ambientes sedimentario y metamórfico; Director: Prof. Miguel Ortega Huertas,

www.ugr.es/local/mortega)

CV: Doctor en Ciencias Geológicas (1994) por la Universidad de Granada (UGR). Becario posdoctoral (MEC, 1995 y 1996) y *Research Fellow* (1997 y 1998) en el *Getty Conservation Institute* (J. Paul Getty Trust, EEUU). Catedrático de Cristalografía y Mineralogía, desde 2007, en el Dpto. de Mineralogía y Petrología de la UGR. Actividad investigadora centrada en el estudio de la alteración y conservación de materiales de uso en el Patrimonio Histórico-Artístico. Ha dirigido y/o participado en numerosos proyectos nacionales (21) e internacionales (2 UE y 6 EE.UU), ha publicado más de 150 trabajos (78 JCR; H-index: 27) y 3 patentes, y ha presentado más de 55 comunicaciones en congresos, muchas de ellas como ponente invitado. Es *Editor-in-Chief* de la revista *European Journal of Mineralogy* y *Associate Editor* de las revistas *Journal Cultural Heritage* y *Restoration of Building and Monuments*. Ha dirigido 6 tesis doctorales y actualmente dirige una línea de investigación sobre geoquímica (alteración de minerales y carbonatación) y materiales biomiméticos/nanoestructurados (aplicaciones en la alteración y conservación del Patrimonio Histórico-Artístico).

E-mail de contacto: carlosrn@ugr.es

5.2. Investigadores garantes.

1) Antonio G. Checa González, Catedrático de Universidad

Departamento de Estratigrafía y Paleontología

H-index: 24

Perfil en Google Scholar:

https://scholar.google.es/citations?hl=en&user=gHEppeYAAAAJ&view_op=list_works

Perfil en Research id: <http://www.researcherid.com/rid/A-6157-2008>

ORCID id: 0000-0001-7873-7545

Grupo de investigación: RNM363 (Cristaloquímica computacional, cristalización y formación de patrones ; Director: Dr. Claro Ignacio Sáinz Díaz)

2) Encarnación Ruiz Agudo, Profesora Titular de Universidad

Departamento de Mineralogía y Petrología

H-index: 20

Perfil en Google Scholar:

<https://scholar.google.es/citations?user=viAlFUEAAAAJ&hl=es>

Perfil en Research id: <http://www.researcherid.com/rid/H-8572-2015>

ORCID id: 0000-0003-1292-4000

Grupo de investigación: RNM-179

3) Alejandro Rodríguez Navarro, Profesor Titular de Universidad

Departamento de Mineralogía y Petrología

H-index: 23

Perfil en Google Scholar:

<https://scholar.google.es/citations?user=27PZg4IAAAAJ&hl=es&oi=ao>

Perfil en Research id: <http://www.researcherid.com/rid/L-9798-2014>

ORCID id: 0000-0003-2674-7383

Grupo de investigación: RNM-179

4) Concepción Jiménez López, Profesora Titular de Universidad

Departamento de Microbiología

H-index: 14

Perfil Google Scholar: <https://scholar.google.es/citations?user=EiBwlokAAAAJ&hl=es>

Perfil en Research ID: <http://www.researcherid.com/rid/F-7776-2016>

ORCID id: 0000-0002-5645-2079

Grupo de investigación: BIO-103 (Mixobacterias, Directora: Profa. Dra. María Teresa González Muñoz)

5) Francisca Martínez Ruiz, Investigadora Científica del CSIC

Instituto Andaluz de Ciencias de la Tierra (IACT), Centro mixto CSIC-UGR

H-index: 24

Perfil Google Scholar:

<https://scholar.google.com/citations?user=qxbsrgIAAAAJ&hl=en>

Perfil Research ID: <http://www.researcherid.com/rid/C-5908-2014>

ORCID id: 0000-0002-8301-4453

Grupo de investigación: RNM-179

6) Francisco Javier Rodríguez Tovar, Catedrático de Universidad

Departamento de Estratigrafía y Paleontología

H-index: 22

Perfil Google Scholar:

<https://scholar.google.es/citations?user=iokkFowAAAAJ&hl=es>

Perfil ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-1400-2715>

ResearcherID: <http://www.researcherid.com/rid/C-9815-2014>

Grupo de Investigación: RNM 178 (Evolución de los márgenes mesozoicos de Iberia; Director: Prof. Dr. Federico Olóriz Sáez)

5.3. Otros investigadores vinculados:

Maxwell Hincke / Universidad Ottawa (Canadá)

Nelson Lagos / Universidad Santo Tomás (Chile)

Andrés Pardo / Universidad de Caldas (Colombia)

Alfred Uchmann / Jagiellonian University de Cracovia (Polonia)

Elizabeth Harper / Universidad de Cambridge (Reino Unido)

Katarzyna Berent / Universidad AGH de Cracovia (Polonia)

Adina Paytan / Universidad California Santa Cruz (EE.UU)

Judith McKenzie / ETH Zurich (Suiza)

Miriam Kastner / Scripps Institution of Oceanography - Universidad de California, San Diego (EE.UU)

Helmuth Cölfen / Universidad de Constanza (Alemania)

George W. Scherer / Universidad de Princeton (EE.UU)

Andrew Putnis / Universidad de Curtin (Australia)

6) Principales contribuciones de la unidad

6.1. Referencia bibliográfica de las cinco publicaciones más relevantes

- 1) **Ruiz-Agudo, E.**, Putnis, C. V., **Rodríguez-Navarro, C.**, & Putnis, A. (2012). Mechanism of leached layer formation during chemical weathering of silicate minerals. **Geology**, 40(10), 947-950.
- 2) Finlayson, C., Pacheco, F. G., Rodríguez-Vidal, J., Fa, D. A., López, J. M. G., Pérez, A. S., Carrión, J. S. Fernández Jalvo, Y.i, Gleed-Owen, C.P.j, Jimenez Espejo, F., López, P., López Sáez, A., Riquelme Cantal, A., Sánchez Marco, A., Giles Guzman, F., Brown, K., Fuentes, N., Valarino, C.A., Villalpando, A., Stringer, C.B., **Martínez-Ruiz, F.**, & Sakamoto, T. (2006). Late survival of Neanderthals at the southernmost extreme of Europe. **Nature**, 443(7113), 850-853.
- 3) **Checa, A. G.**, Cartwright, J. H., & Willinger, M. G. (2009). The key role of the surface membrane in why gastropod nacre grows in towers. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, 106(1), 38-43.
- 4) **Jimenez-Lopez C.**, **Rodríguez-Navarro C.**, **Rodríguez-Navarro A.**, Perez-Gonzalez T., Bazylinski D.A., Lauer H., & Romanek C.S. (2012) Signatures in magnetites formed by (Ca,Mg,Fe)CO₃ thermal decomposition: Terrestrial and extraterrestrial implications. **Geochimica et Cosmochimica Acta** (87) 69-80.
- 5) **Rodríguez-Tovar, F.J.** (2014). Orbital Climate Cycles in the Fossil Record: From Semidiurnal to Million-Year Biotic Responses.: **Annual Review of Earth and Planetary Sciences**, 42: 69-102..

6.2. Referencia de las cinco proyectos/contratos más relevantes

- 1) TÍTULO DEL PROYECTO: Delta-MIN: Mechanisms of mineral replacement reactions. ENTIDAD FINANCIADORA: European Commission. Marie Curie Initial Training Networks (ITN), VIIth Framework.
DURACIÓN DESDE: Septiembre 2008 HASTA: Septiembre 2012
INVESTIGADOR PRINCIPAL: Coordinador: Prof. Dr. Andrew Putnis (Münster University); Coordinador Universidad de Granada: Dr. C. Rodríguez Navarro
Financiación: Total 3.100.000 euros; Universidad de Granada: 310.000 euros
Número de investigadores participantes: 20
- 2) TÍTULO DEL PROYECTO: Sensibilidad del registro geoquímico marino a los

impactos del cambio climático en el Mediterráneo: escenarios de variabilidad climática pasada y respuestas futuras.

ENTIDAD FINANCIADORA: Ministerio de Economía y Competitividad, CGL2015-66830-R

DURACIÓN DESDE: enero 2016 HASTA: diciembre 2018

FINANCIACIÓN: 121.000 euros + 1 contrato FPI

Número de investigadores participantes: 15

Entidades: UGR, IACT, NIOZ Royal Netherlands Institute for Sea, ETH Zürich, CNR Bolonia, Universidad de Utrecht, Universidad de California en Santa Cruz)

3) TÍTULO DEL PROYECTO: BIOMINERALIZACION EN MOLUSCOS: CRISTALOGRAFIA, ORGANIZACION Y EVOLUCION DE MICROESTRUCTURAS. NANOESTRUCTURA Y CRECIMIENTO DE BIOCRISTALES

ENTIDAD FINANCIADORA: Ministerio Economía y Competitividad, CGL2013-48247-P

IP Antonio G. Checa González

Fecha Inicio 01/01/2014; Fecha Fin 31/12/2017

Presupuesto 108.900 euros

Integrantes 15

Entidades: Universidades de Granada, Málaga, Sevilla, Complutense de Madrid, Cambridge (UK), Glasgow (UK), AGH (Cracovia), Pasadena (CA, USA), Max Planck Gesellschaft.

4) Título del proyecto: Cambios bruscos y prolongados en el ecosistema, parámetros de control e indicadores bióticos/abióticos: El registro icnológico en el análisis de variaciones paleo-ambientales. CGL2015-66835-P

Entidad financiadora: Ministerio de Economía y Competitividad

Entidades participantes: Universidad de Granada

Duración, desde: 01/01/2016 hasta: 31/12/2019

Investigador responsable: Dr. Francisco Javier Rodríguez Tovar

Número de investigadores participantes: 8

IMPORTE TOTAL DEL PROYECTO: 107.800 euros

5) Título del proyecto: CGL2013-46612. Crecimiento biomimético de nanomagnetitas. Aplicaciones en Astrobiología y Nanotecnología

Entidad financiadora: Ministerio de Economía y Competitividad.

Entidades participantes: Universidad de Granada, Iowa State University, Universidad de Nevada-Las Vegas

Duración, desde: Enero de 2014 hasta: Junio de 2017

Cuantía de la subvención: 90.750 euros + 1 beca FPI

Investigador responsable: Concepción Jiménez López

Número de investigadores participantes: 3 (UGR) + 4 de universidades norteamericanas

6.3. Otras contribuciones (por ejemplo patentes, productos, etc...)

Patentes

1) INVENTORES: González-Muñoz, M.T., Rodríguez-Navarro, C., Jimenez-Lopez, C., Rodríguez-Gallego, M.,

TITULO: Method and product for protecting and reinforcing construction and ornamental materials

Nº DE SOLICITUD: ES 200602030 PAÍS DE PRIORIDAD: España

FECHA DE PRIORIDAD: 19 julio 2006

ENTIDAD TITULAR: Universidad de Granada

PAISES A LOS QUE SE HA EXTENDIDO: España

EMPRESA/S QUE LA ESTA/N EXPLOTANDO: KBYO SL

2) INVENTORES: Bermejo, M.A., Rodríguez-Navarro, C., Ruiz-Agudo, E. & Elert, K.

TITULO: CO₂-capturing binder, production method thereof based on the selection, purification and optimisation of carbide lime, and agglomerates having an environmental activity

Nº DE SOLICITUD: US 9034100 B2 PAÍS DE PRIORIDAD: EEUU

FECHA DE PRIORIDAD: 4 de Mayo 2010

ENTIDAD TITULAR: TRENZAMETAL S.L.

PAISES A LOS QUE SE HA EXTENDIDO: Todos los estados

EMPRESA/S QUE LA ESTA/N EXPLOTANDO: TRENZAMETAL SL

3) INVENTORES: Bermejo, M.A., Rodríguez-Navarro, C., Ruiz-Agudo, E. & Elert, K.

TITULO: PROCEDIMIENTO DE FRAGUADO AÉREO PARA LA OBTENCIÓN DE PIEZAS PREFABRICADAS CON MATRICES CEMENTANTES, MATRICES Y PIEZAS PREFABRICADAS ASÍ OBTENIDAS Y UTILIZACIÓN DE LAS MISMAS

Nº DE SOLICITUD: PCT/ES2011/070826 PAÍS DE PRIORIDAD: España

FECHA DE PRIORIDAD: 29 de Noviembre de 2011

ENTIDAD TITULAR: TRENZAMETAL S.L.

PAISES A LOS QUE SE HA EXTENDIDO:

EMPRESA/S QUE LA ESTA/N EXPLOTANDO: TRENZAMETAL SL

Programas informáticos

1) XRD2DScan: A software tool for analyzing two dimensional X-ray diffraction patterns of polycrystalline materials.

ISBN: 84-690-0137-X. (2006).

Comercializado por PANalytical BV (Países Bajos).