

# La "Ruta de las huellas fósiles" (Monsagro, Salamanca): un ejemplo de iniciativa geoturística aplicada al desarrollo rural

*The "trail of the trace fossils" (Monsagro, Salamanca province, Spain): an example of geotouristic initiative towards rural development*

Antonio Miguel Martínez-Graña<sup>1</sup>, José Ángel González-Delgado<sup>1</sup>, Juan Carlos Gutiérrez-Marco<sup>2</sup>, Lorena Serrano<sup>1</sup>, Cristino José Dabrio<sup>3</sup>, José Luis Goy<sup>1</sup> y Paulo Legoinha<sup>4</sup>

<sup>1</sup> Departamento de Geología, facultad de Ciencias, Universidad de Salamanca, 37008-Salamanca. amgranna@usal.es, angel@usal.es, llorena@usal.es, joselgoy@usal.es

<sup>2</sup> Instituto de Geociencias (CSIC, UCM) y Departamento de Paleontología, Facultad de Ciencias Geológicas, José Antonio Novais 12, 28040 Madrid. jcgrapto@ucm.es

<sup>3</sup> Departamento de Estratigrafía, Facultad de Ciencias Geológicas, Universidad Complutense, José Antonio Novais 12, 28040 Madrid. dabrio@ucm.es

<sup>4</sup> GeoBioTec, Departamento de Ciências da Terra, Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade Nova de Lisboa, 2829-516 Caparica, Portugal. pal@fct.unl.pt

## ABSTRACT

We present the "Ruta de las huellas fósiles", implemented in the village of Monsagro (Francia mountain range, Salamanca). Through six didactic and interpretative panels, we have included online access to the new technologies (smartphones, tablets, digital audio players...) and complementary information implemented in videos, QR codes, geoapps and games. The geological contents of the area are based mainly on the paleontological interest of its ichnofossils essentially produced by worms and trilobites of Lower Ordovician age, and the geomorphological interest of its appalachian relief, the Agadon river fluvial incision and its surficial formations. The visitors point out as strength of the route its easy and didactic character, as well as the direct citizen involvement in the conservation of the ichnofossils.

**Key-words:** geological heritage, geotourism, geotrail, ichnofossils, Ordovician.

## RESUMEN

Se presenta la "Ruta de las huellas fósiles", realizada en el casco urbano de Monsagro (Sierra de Francia, Salamanca). Mediante seis paneles didácticos e interpretativos, que incluyen el acceso "online" desde las nuevas tecnologías (smartphone, tablets, ipod. ...) a información complementaria implementada en videos, códigos QR, geoapps y juegos, se han promocionado y divulgado los contenidos geológicos de la zona, basados principalmente en el interés paleontológico de sus icnofósiles, atribuidos a diversos tipos de gusanos y trilobites durante el Ordovícico Inferior, y en el interés geomorfológico de sus cresterías cuarcíticas con relieve apalachense, del encajamiento fluvial del río Agadón y de sus formaciones superficiales como canchales. Los visitantes señalan como fortalezas de la ruta su fácil y didáctico recorrido, así como la implicación ciudadana en la conservación de las icnitas.

**Palabras clave:** patrimonio geológico, geoturismo, georuta, icnofósiles, Ordovícico.

Geogaceta, 62 (2017), 115-118  
ISSN (versión impresa): 0213-683X  
ISSN (Internet): 2173-6545

Recepción: 2 de febrero de 2017  
Revisión: 22 de marzo de 2017  
Aceptación: 26 de abril 2017

## Introducción

El aprovechamiento de los recursos naturales de un territorio de alta montaña es un hecho importante de cara a la promoción de un turismo rural cada vez más demandado y respetuoso con la conservación del medioambiente. El patrimonio geológico es el "conjunto de recursos naturales geológicos de valor científico, cultural y/o educativo, ya sean formaciones y estructuras geológicas, formas del terreno, minerales, rocas, meteoritos, fósiles, suelos y otras manifestaciones geológicas que permiten conocer, estudiar e interpretar: a) el origen y evolución de la Tierra, b) los procesos que la han modelado, c) los climas y paisajes

del pasado y presente y d) el origen y evolución de la vida" (Ley 42/2007). Los Lugares de Interés Geológico pueden ser muy variados dependiendo de la naturaleza de su interés, por ejemplo geomorfológico, estratigráfico, tectónico, paleontológico, etc. El caso del patrimonio geológico de carácter paleontológico lo integran aquellos restos o señales fósiles que ayudan a interpretar la historia de la vida en la Tierra, los escenarios y los cambios medioambientales (Hose *et al.*, 2012, Brilha, 2015), habitualmente con un valor añadido de carácter social y didáctico.

En el caso concreto de la villa de Monsagro (Salamanca), sus vecinos han integrado en su tradición arquitectónica el valor estético apor-

tado por las pistas y huellas fósiles del Ordovícico, así como ciertas estructuras sedimentarias (rizaduras de oscilación y de corriente o *ripple marks* en sentido amplio), que proceden en su totalidad de bloques sueltos acumulados en canchales cuarcíticos. Éstos derivan de las formaciones del Ordovícico Inferior que afloran al norte de la localidad, como parte de las elevaciones de la Sierra de la Peña de Francia. La utilización ornamental de estos elementos en la fachada de edificios de uso público y privado evita su deterioro y favorece su estudio, constituyendo un auténtico museo al aire libre para el visitante, que cuenta con un antecedente de guía convencional (Zamarreño *et al.*, 2003).

Este trabajo describe una georuta circu-

lar (Martínez-Graña *et al.*, 2017) que se realiza en 60 minutos, a pie, por varias calles del casco urbano y con una variada señalización. Esta georuta, activa y creativa, permite al turista imaginar y comprender la transformación del fondo marino, de edad Ordovícico (hace unos 480 millones de años), en la cadena montañosa que constituye la Sierra de Francia. Se dota así a Monsagro de un equipamiento para actividades de carácter científico y medioambiental orientado al sector educativo, científico y turístico, implementando el uso de las nuevas tecnologías para promover la interacción entre turistas y patrimonio geológico (Martínez-Graña *et al.*, 2013, 2014, 2015; González-Delgado *et al.*, 2015). Según las autoridades municipales, esta actividad ya ha comenzado a potenciar la llegada de turistas, contribuyendo el geoturismo a la mejora del desarrollo local y socioeconómico.

### Contexto Geológico

El Parque Natural de Las Batuecas-Sierra de Francia se encuadra en un contexto geológico (Fig. 1) de alta geodiversidad, entre la que destaca el basamento Neoproterozoico-Cámbrico (Complejo Esquisto-Grauváquico) y su cobertera Ordovícico-Devónica, con la Cuaucita Armoricana (Ordovícico Inferior) como el principal elemento constructor del relieve. El con-

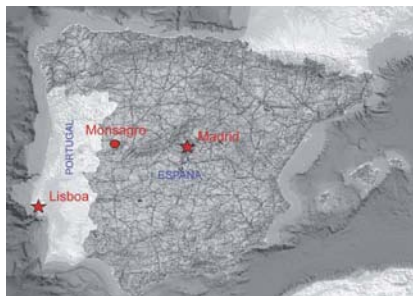


Fig. 1.- Situación de la zona de estudio en la Península Ibérica. Ver figura en color en la web.

Fig. 1.- Situation of the study area in the Iberian Peninsula. See color figure in the web.

junto de materiales prevariscos son todos sedimentos marinos de naturaleza siliciclástica, que se correlacionan ampliamente con unidades coetáneas de la Zona Centroibérica del Macizo Ibérico. Tras el plegamiento varisco se origina por erosión un modelado invertido o apalachense (Martínez-Graña *et al.*, 2011), con alternancia de valles y sierras. Las principales cumbres y crestas están formadas por la Cuaucita Armoricana, que comprende numerosos bancos masivos de cuarcita de gran dureza y resistencia a la erosión. En el dominio geomorfológico de altas pendientes en torno a sus afloramientos, se generan ríos de piedras (canchales) originados por procesos de crioclasticidad y flujo gravitatorio a partir de los resaltes cuarcíticos, con varias secuencias de coluviones sobreimpuestas.

Al norte de Monsagro, la inmensa mayoría de los bloques cuarcíticos con icnofósiles y estructuras sedimentarias proceden de los canchales derivados de la Cuaucita Armoricana y su unidad infrayacente, constituida por una potente sucesión alternante de areniscas, cuarcitas y pizarras (Bascones Alvira y Rodríguez Alonso, 1990). Por otra parte, el valle del río Agadón donde radica la población se halla encajado en la secuencia Neoproterozoico-Cámbrica.

### Recursos Geoturísticos y resultados

Se han realizado paneles interpretativos (Fig. 2) que ilustran de una forma sencilla el itinerario de la georuta. Cada panel desarrolla un tema específico con una composición de contenidos y recursos digitales diferentes. El primero se titula "La ruta de las huellas fósiles: un paseo por los mares antiguos", y presenta un mapa paleogeográfico del Ordovícico con la distribución mundial de los continentes y la ubicación de Monsagro. Las plataformas marinas someras de la futura Península Ibérica se situaban entonces cercanas al polo sur terrestre, en un ambiente de aguas gélidas del otro hemisferio. Para entender los tiempos geológicos se añade una tabla cronoestratigráfica sencilla, con algunos símbolos (calaveras) que representan las grandes extinciones masivas ocurridas a lo largo de los 3800 millones de años de historia de la Vida.



Fig. 2.- Aspecto de dos de los paneles instalados, mostrando en su parte superior el logotipo de la georuta. Ver figura en color en la web.

Fig. 2.- Appearance of two of the installed panels, showing in their upper part the logo of the georoute. See color figure in the web.



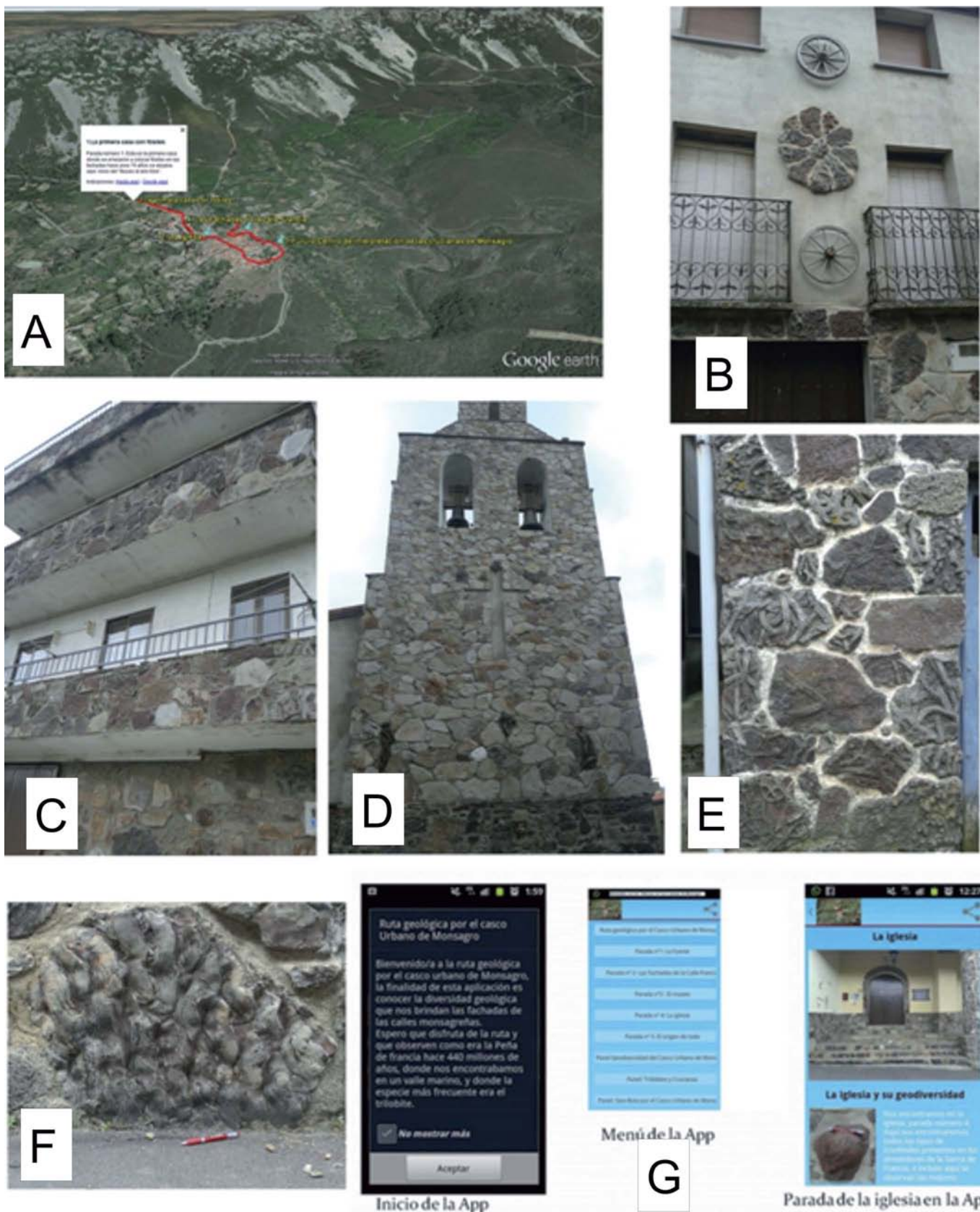


Fig. 3.- A) Localización de la georuta (en rojo) en Monsagro sobre el globo virtual de Google Earth, mostrando sus paradas y la descriptiva de la primera parada. B a F) Ichnofósiles y ripples en calles de Monsagro. G) Geoapp que muestra la captura de la pantalla de inicio, el menú de la ruta geológica y la descriptiva de una parada. Ver figura en color en la web.

Fig. 3.- A) Location of the georoute (in red) in Monsagro on the virtual globe of Google Earth, showing its stops and the descriptive of the first stop. B) to F) Ichnofósiles and ripples in the streets of Monsagro. G) Geoapp showing the capture of the home screen, the menu of the geological route and the descriptive of a stop. See color figure in the web.

El segundo y tercer panel se titulan “Las huellas de los Trilobites” y “Las huellas de los Gusanos”, respectivamente, por corresponder a los grupos de icnofósiles más abundantes. Contienen diagramas tridimensionales que ilustran la morfología completa de las huellas: la bilobulada *Cruziana* producida por trilobites, la madriguera cilíndrica vertical de gusanos que se ocultaban en el interior del sedimento (*Skolithos*), y la estructura cónico-estriada compleja *Daedalus*, producida por otros gusanos que vivían fuera pero entraban a alimentarse produciendo un tubo oblicuo “en J” dentro del sustrato.

El cuarto panel relaciona el factor geomorfológico resultante del modelado del río Agadón y generador del relieve, con el paisaje actual (valles encajados, derrubios de ladera, etc.). Finalmente, un quinto panel sirve de resumen a toda la georuta, y se ubica en la plaza del pueblo.

Como recursos geoturísticos complementarios se han desarrollado códigos QR que introducen videos, documentos en pdf e imágenes adicionales. El soporte virtual lo ha proporcionado la página web del Ayuntamiento de Monsagro, que facilita la cobertura WIFI en todo el casco urbano de forma gratuita. Las nuevas tecnologías aplicadas al geoturismo mediante la creación de *Geoapps* y videojuegos permiten entretener e involucrar a los más jóvenes, y seguir espacialmente la georuta.

En la figura 3 se puede observar la implementación de la descripción “online” de cada parada georeferenciada sobre Google Earth (Fig. 3A), el aspecto de las fachadas de varias calles del “museo al aire libre” de Monsagro (Fig. 3B-F), y una captura de tres pantallas de la geoapp (Fig. 3G): la pantalla de inicio invitando a los usuarios a la realización de la georuta, una segunda pantalla con el menú de la distribución espacial de las diferentes paradas y una tercera captura con la descriptiva de la parada de la entrada y columnas de la Iglesia, en la que se aprecian un bello ejemplar de *Daedalus* conocido popularmente como “el corazón petrificado”.

La gran difusión por las redes sociales y páginas de turismo (<http://www.turismocastillayleon.com/es/rural-naturaleza/rutas-naturaleza/ruta-huellas-fosiles-monsagro>) hace que la actividad haya sido un éxito. En el primer periodo tras su inauguración (marzo a septiembre de 2015) han realizado la ruta 427 turistas, de los cuales el 55% procedían de otras provincias españolas, el 25% eran extranjeros (Alemania, Francia, Inglaterra, China... ) y el 20% restante venían de la propia provincia, con gran difusión

en medios impresos y en televisión. La asistencia de turistas posibilitó un convenio entre la Universidad de Salamanca y el Ayuntamiento de Monsagro para que estudiantes de últimos años de los grados de Geología y de Ingeniería Geológica, realicen prácticas como geomonitores bilingües que ponen en valor estos georecursos turísticos y a su vez sensibilizan a la sociedad del gran valor del patrimonio geológico y su importante difusión social: (<http://www.lagacetadesalamanca.es/viva-mi-pueblo/monsagro/2015/07/04/geo-monitores-ruta-fosiles/148139.html>).

## Conclusiones

La georuta urbana interactiva denominada “La Ruta de las Huellas Fósiles”, promueve el conocimiento tanto del patrimonio geológico, como del patrimonio arquitectónico, a la vez que conciencia a los turistas sobre la historia tan apasionante e increíble que presenta el planeta Tierra y los diferentes lugares en los que habitualmente vivimos o por los que viajamos. La ruta ilustra además un ejemplo de implicación ciudadana en la conservación de patrimonio paleontológico. En Monsagro se realiza de un modo ameno un viaje al pasado descubriendo huellas de diferentes organismos y procesos marinos, en un gélido fondo del mar de hace 480 millones de años, donde Iberia se localizaba en un hemisferio distinto al actual, a una latitud mucho más elevada, y podemos imaginar cómo -gracias a la deriva de los continentes- transcurrió el viaje hasta su posición actual. Todos los recursos geoturísticos (paneles, señales direccionales e informativas, códigos QR, *Geoapps*, juegos, cartel promocional y folleto de bolsillo) se han realizado adaptándose a la tipología y características constructivas de zonas rurales de alta montaña que permite un turismo respetuoso, sobre todo en zonas protegidas sensibles. En dos años de funcionamiento, su promoción a través de redes sociales, prensa y el gran número de visitantes nacionales e internacionales muestran el éxito de esta actividad turística, además de su repercusión en el desarrollo local evitando la despoblación del mundo rural.

Desde el punto de vista paleoicnológico-científico, los icnofósiles de Monsagro compendian todos los icnotaxones descritos para la “sección tipo” del Ordovícico Inferior de la Peña de Francia por Pickerill *et al.* (1984), sumando bastantes ejemplos de *Cruziana* magníficamente preservados (Fig. 3E), además de una

notable representación de la icnofacies de *Skolithos* (*S. linearis*, *Daedalus halli*, *D. desglandi*), que apenas se conocía en el área antes citada.

## Agradecimientos

Los autores desean agradecer a la Excma. Diputación de Salamanca (Áreas de Turismo y Cultura), a Ángel Mateos, Alcalde de Monsagro y a la Consejería de Medioambiente de la Junta de Castilla y León, por la financiación y las facilidades aportadas para la realización del proyecto. J.C.G.-M. participa a través del proyecto CGL2012-39471. Los autores también quieren agradecer los comentarios y aportaciones realizadas por los revisores: L. Carcavilla (IGME) y A. A. Sá (UTAD, Portugal).

## Referencias

- Bascones Alvira, L. y Rodríguez Alonso, M.D. (1990). *Mapa Geológico de España 1:50.000, hoja nº 526 (Serradilla del Arroyo) y memoria*. IGME, Madrid, 88 p.
- BOE (2007). *Ley 42/2007, del Patrimonio Natural y de la Biodiversidad*. BOE 299, 51275 – 51327.
- Brilha, J. (2015). *Geoheritage* 3, 25-41.
- González-Delgado, J.A., Martínez-Graña, A.M., Civis, J., Sierro, F.J., Goy, J.L., Dabrio, C.F., Ruiz, F., González-Regalado, M.L. y Abad, M. (2015). *Environmental Earth Sciences* 73, 609-4618.
- Hose, T.A., Vasiljević, T. y Djordjije, A. (2012). *Geoheritage* 4, 25-43.
- Martínez-Graña, A.M., Goy, J.L. y Zazo, C. (2011). *Journal of Maps* 2011, 600-613.
- Martínez-Graña, A.M., Goy, J.L. y Cimarra, C. (2013). *Computers and Geosciences* 61, 83-93.
- Martínez-Graña, A.M., González-Delgado, J.A., Pallarés, S., Goy, J.L. y Civis, J. (2014). *Sustainability* 6, 8567-8591.
- Martínez-Graña, A.M., Goy, J.L. y Cimarra, C. (2015). *Environmental Earth Sciences* 73, 8023-8034.
- Martínez-Graña, A.M., Serrano, L., González-Delgado, J.A., Dabrio, C.J. y Legoinha, P. (2017). *International Journal of Digital Earth* 10, 121-138.
- Pickerill, R.K., Romano, M. y Meléndez, B. (1984). *Geological Journal* 19, 249-269.
- Zamarreño, J.C., Nieto, J.M. y Miñana, A. (2003). *Monsagro. Un museo improvisado de la Era Primaria*. Ayuntamiento de Monsagro, 22 p.