

Patrimonio geológico, un recurso para el desarrollo



Editores: J. Vegas,
A. Salazar,
E. Díaz-Martínez
y C. Marchán



Instituto Geológico
y Minero de España

Patrimonio geológico, un recurso para el desarrollo

Editores:

J. Vegas, A. Salazar, E. Díaz-Martínez y C. Marchán

Madrid, 2013

Serie: CUADERNOS DEL MUSEO GEOMINERO, N° 15

Patrimonio geológico, un recurso para el desarrollo / J. Vegas, A. Salazar, E. Díaz-Martínez y C. Marchán, eds.- Madrid: Instituto Geológico y Minero de España, 2013.

624 pp.; ils.; 24 cm.- (Cuadernos del Museo Geominero; 15)

ISBN: 978-84-7840-901-3

1. Geología divulgación 2. Patrimonio geológico 3. Conservación 4. Recurso natural
5. Inventario 6. España I. Vegas, J., ed. II. Salazar, A., ed. III. Díaz-Martínez, E., ed. IV.
Marchán, C., ed. V. Instituto Geológico y Minero de España, ed. II Serie

504(460)

Cubierta: Panel divulgativo en la antigua cantera de La Zarzuela. Lugar de Interés Geológico con rocas paleozoicas en el barrio de Nueva Segovia. Autor: Andrés Díez Herrero.

Ninguna parte de este libro puede ser reproducida o transmitida en cualquier forma o cualquier medio, electrónico o mecánico, incluido fotografías, grabación o por cualquier sistema de almacenar información sin el previo permiso escrito de los autores y editores.

© Instituto Geológico y Minero de España
Ríos Rosas, 23 - 28003 Madrid
Tel.: +34 91 349 57 00 - Fax: 91 442 62 16
Web: <http://www.igme.es>
ISBN: 978-84-7840-901-3
NIPO: 728-13-013-9
Depósito Legal: M-14567-2013

Imprime: Soluciones Gráficas Chile, S.L.L. - C/. Chile, 27 - 28016 MADRID - e-mail: info@graficaschile.es

ANÁLISIS DEL RIESGO DE DEGRADACIÓN DE ALGUNOS YACIMIENTOS DE ICNITAS DE DINOSAURIO DE LA RIOJA, ESPAÑA. 1 - FRAGILIDAD Y VULNERABILIDAD NATURAL

RISK OF DEGRADATION ANALYSIS OF SEVERAL DINOSAUR ICHNITE SITES IN LA RIOJA, SPAIN. 1 - FRAGILITY AND NATURAL VULNERABILITY

E. García-Ortiz, E. Fernández-Martínez e I. Fuertes-Gutiérrez

Universidad de León. Facultad de C.C. Biológicas y Ambientales. Campus de Vegazana s/n. 24071 León.
cloessense@hotmail.com, e.fernandez@unileon.es, ifueg@unileon.es

RESUMEN

Este trabajo realiza una revisión del estado patrimonial de dos aspectos relacionados con el riesgo de degradación de los yacimientos de icnitas de dinosaurio de La Rioja, concretamente se analiza su fragilidad y su vulnerabilidad natural. Los yacimientos estudiados se catalogan en varios tipos pero la mayoría de ellos presentan una fragilidad similar y de grado medio-alto. La vulnerabilidad natural, en ocasiones puntuales de nivel alto, es debida tanto a factores geológicos de bajo impacto, básicamente agua y gravedad; como a factores biológicos, principalmente vegetación. Tanto la fragilidad como la vulnerabilidad natural de estos yacimientos, muchos de los cuales muestran una importante degradación a escala temporal humana, han de ser tenidos en cuenta en la gestión de este patrimonio geológico.

Palabras clave: Fragilidad, icnitas, La Rioja, patrimonio paleontológico, vulnerabilidad natural.

ABSTRACT

This paper presents an analysis of two conservation aspects related to the risk of degradation of several dinosaur ichnite sites in La Rioja, namely fragility and natural vulnerability. Although the sites studied are classified into a number of different categories, most of them present a similar medium to high degree of fragility. Natural vulnerability, which is occasionally high, is due both to low-impact geological factors, mainly water and gravity, and biological factors, mainly vegetation. Both the fragility and the natural vulnerability of these sites, many of which present significant degradation on a human time scale, must be taken into account in the management of this geological heritage.

Key words: Fragility, ichnites, La Rioja, natural vulnerability, palaeontological heritage.

INTRODUCCIÓN

La Rioja es una de las regiones españolas más conocidas internacionalmente por sus yacimientos de icnitas de dinosaurio. La gran cantidad de afloramientos con este tipo de evidencias, más de 150,

así como las más de 10.000 huellas que albergan, han convertido esta zona en una de las más importantes para el registro fósil mundial de este tipo de animales (García-Ortiz y Díaz-Martínez, 2008). Todo esto unido a las numerosas singularidades científicas descritas en algunos de sus yacimientos (dinosaurios nadadores, marcas de cola, comportamiento gregario...) hacen de esta región un entorno extraordinario para la investigación paleoicnológica (García-Ortiz y Pérez-Lorente, en prensa) y un lugar con un gran valor patrimonial.

De todos los afloramientos conocidos, 120 de ellos agrupados en 40 yacimientos según su proximidad geográfica fueron declarados Bien de Interés Cultural con la categoría de "Sitio Histórico" en el Decreto 34/2000, de 23 de junio de 2000 y posteriormente, la Ley 7/2004, de 18 de octubre, de Patrimonio Cultural, Histórico y Artístico de La Rioja mantuvo estas figuras.

Sin embargo, pese a su elevado valor patrimonial tanto por razones científicas como turísticas y/o divulgativas, los yacimientos riojanos se encuentran en un estado de progresivo deterioro. El objetivo de este trabajo es realizar una revisión del estado de conservación de los diversos yacimientos riojanos a través de ejemplos destacables de los diferentes procesos de degradación que están aconteciendo en los mismos. En concreto, este artículo está dedicado a analizar dos aspectos del riesgo de degradación: la fragilidad y la vulnerabilidad natural. En otro trabajo complementario (García-Ortiz *et al.*, en este volumen) se analizan otros procesos relacionados con la vulnerabilidad antrópica de los yacimientos y con afecciones a los elementos relacionados con la puesta en valor del lugar. Con este análisis se busca mostrar la necesidad de una herramienta para la valoración del riesgo de degradación de cada uno de los yacimientos que permita establecer prioridades de intervención, así como una comparación con otros elementos patrimoniales, tanto paleontológicos como geológicos en general.

ANTECEDENTES

Los trabajos previos realizados en la zona son ensayos en yacimientos concretos orientados al análisis de las diferentes litologías para establecer pautas de actuación de cara a su conservación física en las campañas de rehabilitación de los yacimientos. Caro y Pérez-Lorente (1997) hablan de algunos procesos (erosión, termoclastismo, gelifracción, acción de agentes biológicos como plantas y animales, acumulación de derrubios, agua, acción antrópica...) que generan la alteración de la roca afectando a su estado de conservación y por lo tanto a su calidad. Igualmente señalan que, aunque estos procesos pueden suponer la erosión y el deterioro de yacimientos ya existentes, también pueden favorecer el afloramiento de nuevas capas, o partes de ellas, con presencia de huellas.

Estos procesos de degradación se ponen de manifiesto en un trabajo (Caro y Pavía, 1998) aplicado a los yacimientos de La Virgen del Campo en Enciso y La Era del Peladillo en Igea. En él se analizan características intrínsecas de cada yacimiento, concretamente su litología (carbonática o siliciclástica) y dentro de esto propiedades como su porosidad, comportamiento hídrico, etc. Además, se identifican las formas macroscópicas de alteración o desperfectos de la piedra (escamas, placas, fragmentos, grietas...) y los agentes (físico-mecánicos, químicos y biológicos) causantes de las mismas y se proponen tratamientos para su reparación, consolidación y protección. Trabajos posteriores (Caro, 2006; Caro *et al.*, 2002; 2003) completan estos estudios realizando ensayos de técnicas de conservación y preservación en otros yacimientos y comparan los resultados obtenidos en los mismos con los de las investigaciones precedentes.

Ambos trabajos proporcionan soluciones concretas para la restauración de los yacimientos estudiados. Además, de ellos pueden extraerse ideas de carácter general válidas para afrontar mejor posteriores estudios del riesgo de degradación de los yacimientos de la zona.

Durante los trabajos de investigación de la tesis doctoral de una de las autoras (EGO), se ha reali-

zado una revisión del estado de conservación de 130 yacimientos. En este artículo realizamos un análisis de los procesos que están generando o acelerando su deterioro, con el fin de obtener información que permita el diseño de un plan de gestión integral del patrimonio paleoicnológico de La Rioja.

MARCO GEOLÓGICO

La Cuenca de Cameros se localiza en la zona más noroccidental de la Cordillera Ibérica, abarcando territorios pertenecientes a las provincias de La Rioja, Soria y Burgos (Figura 1. a y b). Según Díaz-Martínez *et al.* (2010) se sitúa unos 200 km al sur del límite mesozoico de la Placa Ibérica y a unos 30 km del margen sur-pirenaico actual. Es una de las cuencas del Sistema de Rift Mesozoico Ibérico (Más *et al.*, 2002) y está limitada al noroeste por la Sierra de la Demanda, al norte por la cuenca terciaria del Ebro, al sur por las cuencas terciarias del Duero y Almazán y al este por la Sierra del Moncayo (Díaz-Martínez, 2011).

Beuther (1966) y Tischer (1966) dividieron la cuenca en cinco grandes unidades litoestratigráficas (Grupos Tera, Oncala, Urbión, Enciso y Oliván) (Figura 1.c), que abarcan desde el Berriasiense hasta el Albiense (Cretácico Inferior). Los yacimientos estudiados se sitúan fundamentalmente en materiales del Grupo Enciso, grupo con contenido icnológico predominante en el sector riojano de la Cuenca, aunque algunos de ellos se sitúan en el Grupo Urbión y en el Grupo Oncala.

CONTEXTO PATRIMONIAL

Las labores de gestión de estos Lugares de Interés Geológico (LIG) están dificultadas por varias particularidades, principalmente la abundancia de yacimientos, la amplitud del territorio en el que se reparten y la escasez de medios económicos y personales. A ellas habría que añadir la desaparición



Figura 1. Localización geográfica y geológica del sector riojano de la Cuenca de Cameros (Cretácico Inferior, España). 1a) Mapa geológico simplificado de la Península Ibérica. 1b) Localización geográfica de la Cuenca de Cameros en el contexto de la provincia de La Rioja. 2) Distribución de yacimientos y grupos litoestratigráficos en el sector riojano de la Cuenca de Cameros, modificado de Pérez-Lorente (2002).

hace algo más de un año de la Fundación Patrimonio Paleontológico de La Rioja, dedicada a la conservación y divulgación de estos recursos.

Además, los yacimientos son de diverso tipo y su situación patrimonial también es heterogénea. La diversidad de yacimientos se debe fundamentalmente a su origen (natural y antrópico), su posición (*in situ* y rodados) y su tipología (moldes y contramoldes).

En lo que respecta a su origen, hay yacimientos naturales, es decir aquellos que no han sido modificados y que, en su mayoría, no están estudiados (en general, la investigación de un yacimiento requiere cierta modificación antrópica del mismo). Este es el caso de, por ejemplo, el Yacimiento de El Robledo en Cabezón de Cameros (Figura 2.a). Y otros de origen totalmente antrópico (excavados con fines de estudio) o que han sufrido algún proceso como excavación, limpieza y retirada de plantas de su superficie. Un ejemplo sería el Yacimiento de La Pellejera en Hornillos de Cameros (Figura 2.b). Hay que precisar que estas actuaciones, si no conllevan una posterior intervención de conservación y consolidación del yacimiento, pueden acelerar, en ocasiones en grado sumo, los procesos de degradación del mismo.

En cuanto a su posición, hay losas *in situ*, es decir en su posición original, como ocurre en el Yacimiento de Los Piojos en Igea (Figura 2.c). Aunque también se han catalogado como yacimientos determinados fragmentos de losa rodados (Figura 2.d) cuya problemática radica en lo efímero de su

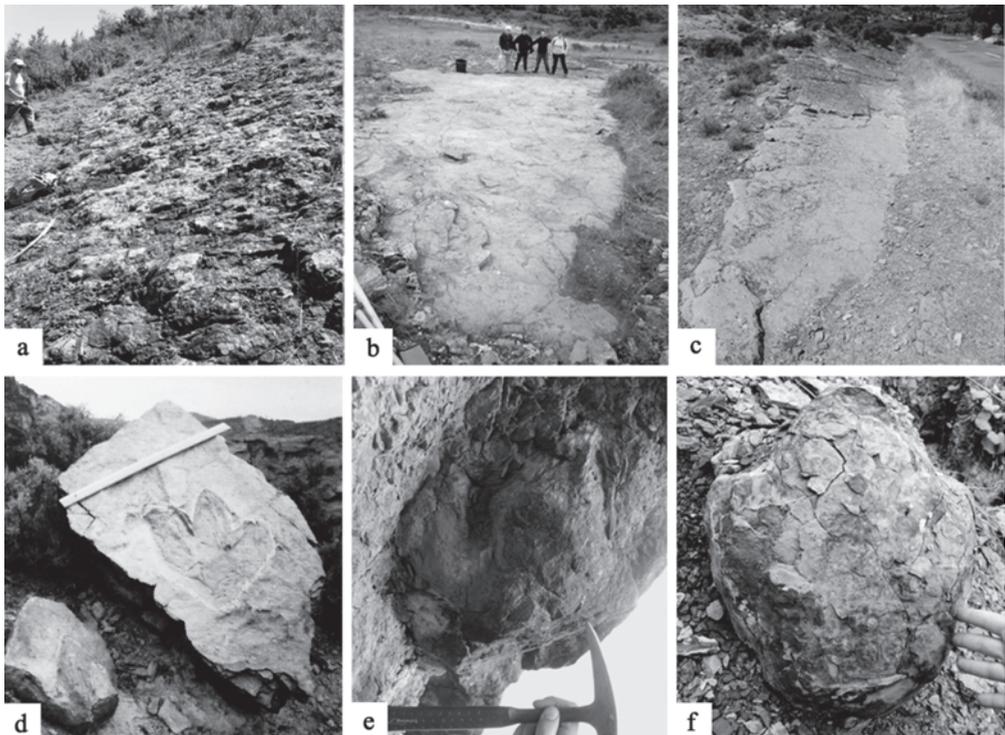


Figura 2. a) Yacimiento de El Robledo en Cabezón de Cameros. b) Yacimiento de La Pellejera en Hornillos de Cameros. Se pueden observar las labores de excavación. c) Yacimiento de Los Piojos en Igea. d) Yacimiento de Los Cayos en Cornago. Imagen tomada de Moratalla *et al.* (1997). e) Contramolde *in situ* del Yacimiento 4CCM1 o del Barranco de Valdaedo en Cabezón de Cameros. Fotografía de F. Pérez-Lorente. f) Contramolde rodado muy alterado localizado en las proximidades del Yacimiento Hornillos IV, en Hornillos de Cameros.

existencia y en la dificultad de localizarlos pasado un tiempo, ya que estos fragmentos pueden desplazarse por cualquier fenómeno. Un caso de yacimientos con material rodado sería el Barranco de La Dehesa en Torremuña.

Por último, otro tipo de yacimientos son aquellos constituidos por contramoldes de huellas, bien *in situ* como el Yacimiento 4CCM1 o del Barranco de Valdaedo en Cabezón de Cameros (Figura 2.e) o rodados (Figura 2.f) como el Yacimiento de Valdeperillo en Cornago. Este último tipo de yacimiento no va a ser mostrado en este trabajo ya que tiene unas características y una problemática especiales.

En cuanto a su situación patrimonial, varía mucho tanto desde el punto de vista científico como de gestión. En lo que respecta al estudio científico, hay yacimientos que están estudiados y otros que no. Algunos de los estudiados se han publicado en diversos artículos científicos, mientras que otros permanecen inéditos. Pero también está el caso de aquellos que han sido mencionados en publicaciones sin haber sido estudiados. La mayoría forman parte del *Inventario del Servicio de Patrimonio Histórico Artístico de La Rioja*, pero también hay algunos que no están incluidos en dicho inventario y que sin embargo sí están en el *Inventario y Caracterización de recursos geológico-mineros singulares de la Comunidad Autónoma de La Rioja* (GEOMARE, 2007).

También desde el punto de vista de su gestión hay yacimientos restaurados y otros en los que no se han realizado actuaciones de ningún tipo. Hay lugares acondicionados para visitas y otros que no lo están. Algunos de ellos forman parte de rutas complementadas con material didáctico y/o se encuentran incluidos en rutas guiadas por empresas de turismo, mientras que otros son imperceptibles a los ojos de toda persona inexperta. Por último, existen yacimientos cuya información es tan imprecisa que se hace prácticamente imposible su localización incluso para expertos en la materia.

ANÁLISIS DEL RIESGO DE DEGRADACIÓN DE LOS YACIMIENTOS

El análisis del riesgo de degradación de 130 yacimientos ha permitido realizar un amplio estudio del estado de conservación y de los procesos que actúan en ellos. En este apartado ofrecemos un resumen de estos aspectos centrándonos en aquellos relacionados con la fragilidad y la vulnerabilidad natural, ejemplificando los casos más relevantes. Dentro del riesgo de degradación, en concreto se va a analizar la susceptibilidad de los diferentes elementos. La terminología utilizada es la propuesta por Fuertes-Gutiérrez *et al.* (en este volumen) y las definiciones aportadas en cursiva corresponden a dicho trabajo.

Fragilidad de los yacimientos

Entendemos por fragilidad *la susceptibilidad de un LIG a sufrir degradaciones debidas a factores intrínsecos al propio elemento geológico*. Uno de los factores determinantes en la fragilidad de un yacimiento es su litología (composición, porosidad, granulometría, comportamiento hídrico, etc.).

Desde este punto de vista, los yacimientos riojanos pueden ser de litologías siliciclásticas (cuarcitas y areniscas) como las que conforman el Yacimiento de La Barguilla en Hornillos de Cameros (Figura 3.a y b) o bien carbonatadas (calizas y margas) como en el Yacimiento de Santa Ana en Igea (Figura 3.c), existiendo además toda una gama de litologías intermedias a éstas. Se han realizado estudios (Caro y Pavía, 1998) que muestran que su ritmo de degradación es similar aunque las causas directas de la meteorización y los procesos activos sean diferentes. En el caso de yacimientos de naturaleza siliciclástica los procesos de deterioro más importantes son microfisuración (paralela a la laminación sedimentaria y

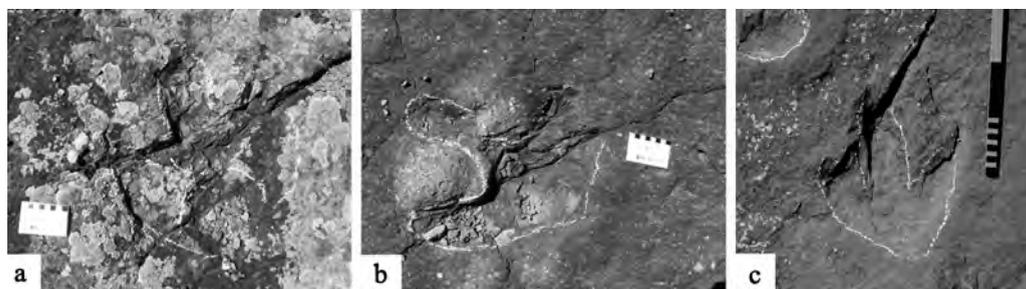


Figura 3. a y b) Yacimiento de La Barguilla en Hornillos de Cameros. c) Yacimiento de Santa Ana en Igea.

que rompe la roca en bandas y granos), oxidación en zonas restringidas y desagregación granular. En el caso de yacimientos de naturaleza carbonatada los procesos de deterioro más importantes son microfisuración (subperpendicular a la laminación sedimentaria, que afecta tanto a granos detríticos como a la matriz), oxidación en zonas formadas mayoritariamente por filosilicatos y disolución de la matriz micrítica (Caro y Pavía, 1998).

En relación con la naturaleza del material litológico en el cual quedan registradas las huellas, existen un gran número de casos en los que la capa con huellas de tipo molde es más frágil que la capa con contramoldes. En nuestro caso, esta generalidad queda matizada porque la mayoría de los contramoldes están sueltos o bien en capas *in situ* pero con los propios contramoldes muy expuestos, sometidos ya a otros procesos de degradación.

De acuerdo con las observaciones realizadas, la mayoría de los yacimientos con icnitas (bien sean de origen natural o antrópico) experimentan alteraciones en periodos de tiempo relativamente cortos y siempre a una escala humana o histórica (años-décadas). Atendiendo a los grados de fragilidad propuestos por Fuertes-Gutiérrez *et al.* (en este volumen) esto implica una fragilidad media-alta. En el caso de los yacimientos riojanos, este hecho obliga a tomar medidas especiales de cara a su gestión, como puede ser la aplicación de medidas físicas de conservación y rehabilitación, incluso durante la fase de estudio de los mismos.

Vulnerabilidad natural de los yacimientos

Se define vulnerabilidad como *la susceptibilidad de un LIG a sufrir degradaciones debidas a factores extrínsecos al propio elemento geológico*. Y, concretamente, vulnerabilidad natural es *la vulnerabilidad generada por procesos naturales existentes en el territorio en que se ubica el elemento geológico*.

Los yacimientos de La Rioja no están en zonas geológica y/o climáticamente activas, por lo que las degradaciones que experimentan se deben básicamente a procesos de meteorización por factores geológicos actuantes en regiones de clima templado y altitud moderada (700–1.300 m); estos agentes son principalmente la gravedad y el agua. Pese a esto, muchos yacimientos se encuentran en áreas con clima de montaña, donde la temperatura desciende bruscamente durante la noche, por lo que las rocas pueden estar sometidas en un mismo período estacional a cambios bruscos de temperatura que pueden llegar a oscilar entre los 20 y 30 °C. En invierno la temperatura condiciona continuos ciclos de hielo-deshielo que aceleran la erosión de dichas rocas (Caro y Pavía, 1998). Además, existe un importante grado de vulnerabilidad por elementos vegetales y no se deben olvidar las interacciones existentes entre todos estos factores hasta aquí mencionados.

Gravedad

Su actuación es importante en yacimientos con una fuerte inclinación y con presencia de fracturas, en muchos casos ligadas a fenómenos de hielo-deshielo. Puede dar como resultado la pérdida de superficie del yacimiento (y por tanto, de ejemplares de icnofósiles) (Figura 4.a y b) o bien puede generar el recubrimiento por fragmentos rodados de algunas zonas del propio yacimiento (Figura 4.c).

Un ejemplo donde se observa una superficie muy inclinada de la cual se están desprendiendo grandes fragmentos de losa con icnitas es el Yacimiento de Valdemurillo (Préjano) (Figura 4.b). Como ejemplo del desprendimiento de fragmentos rodados en zonas superiores que, por gravedad, pueden llegar a tapar parcialmente el elemento de interés se muestra el Yacimiento de Malvaciervo (Munilla) (Figura 4.c).

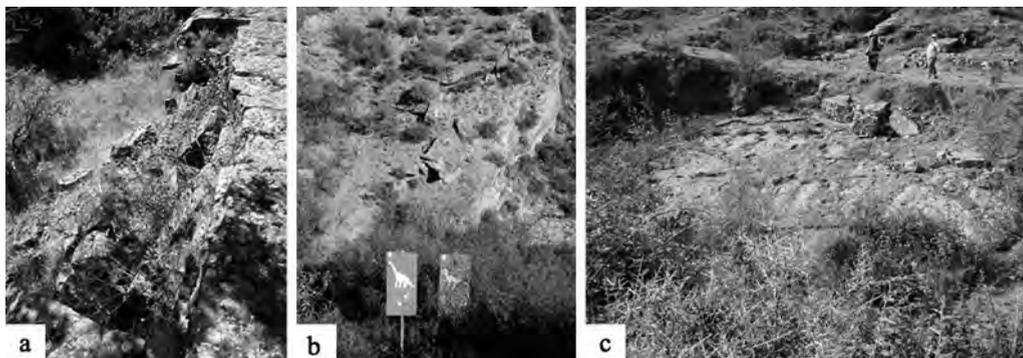


Figura 4. a) Yacimiento del Barranco de la Sierra del Palo en Navalsaz. b) Yacimiento de Valdemurillo en Préjano. c) Yacimiento de Malvaciervo en Munilla.

Cursos de agua

Tanto si son estacionales como permanentes, los cursos de agua afectan a los yacimientos por su acción erosiva capaz de eliminar ejemplares enteros (Figura 5.a). Además, las aguas de arroyada o escorrentía tienen mayor afección en los yacimientos con mayor pendiente, donde la velocidad que alcanza el agua es mayor y por lo tanto su acción erosiva también.

En el Yacimiento de La Cañada II (Igea) (Figura 5.a) se observa el efecto de la erosión diferencial en

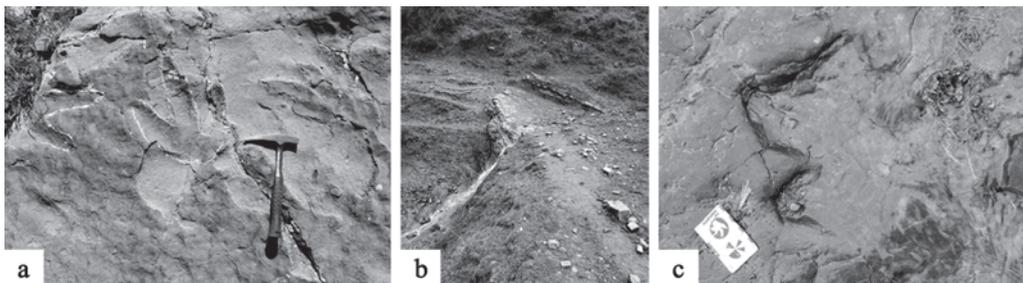


Figura 5. a) Yacimiento de La Cañada II en Igea. b y c) Yacimiento de La Moga 3 en Villoslada de Cameros.

la superficie del yacimiento, que está deteriorando la capa en torno a las icnitas y dejando éstas visibles en los tonos de la superficie inicial. Otro ejemplo nos lo proporciona el Yacimiento de La Moga 3 (Villoslada de Cameros), que se encuentra atravesado por un torrente estacional que cubre parte del yacimiento erosionando algunas de sus icnitas (Figura 5.b y c).

Aguas estancadas

Ligadas en muchos casos a cursos estacionales, las aguas estancadas intensifican la meteorización química de la zona sobre la que se acumulan e incluso pueden intensificar procesos como la descamación y rotura de placas (Figura 6.a). Este tipo de aguas actúa principalmente en yacimientos horizontales (Figura 6.b) y, de forma significativa, en el interior de las huellas más profundas (Figura 6.b y c), donde el agua puede permanecer a lo largo de varias semanas. El resultado es que los límites de la huella se difuminan perdiendo parte de la información científica. En muchos casos, esta actividad está asociada al relleno interior de la huella por sedimentos que intensifican la acción del agua.

En el Yacimiento de Valdebrajes (Cervera del Río Alhama) actúan tanto las corrientes de agua estacionales como la acumulación de charcas próximas a su superficie, acelerando un proceso de desplazación que está erosionando la capa más superficial del yacimiento, en la cual se encuentran icnitas muy relevantes por considerarse evidencia de comportamiento gregario (Figura 6.a). Un yacimiento horizontal con huellas saurópodos profundas es el Yacimiento de Soto 2 (Soto en Cameros). En él se acumula fácilmente el agua de lluvia, que perdura durante varios días en el interior de las huellas (Figura 6.b y c).

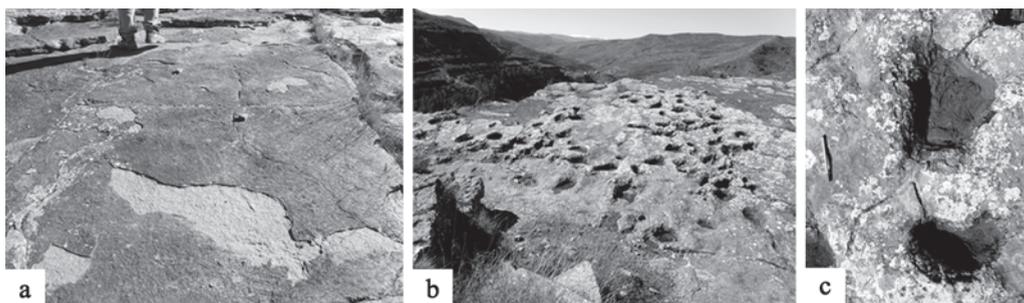


Figura 6. a) Yacimiento de Valdebrajes en Cervera del Río Alhama. b y c) Yacimiento de Soto 2 en Soto en Cameros.

Vegetación

La actividad biológica asociada a la vegetación se debe tanto a plantas superiores como a musgos y líquenes. La vegetación coloniza las grietas y fisuras, y actúa bien a nivel mecánico por rotura de la roca mediante las raíces, o a nivel químico por los ácidos que desprende. Esta colonización suele producirse siguiendo lo que popularmente se conoce como *efecto macetero* (Figura 7.a y b), es decir, las huellas con cierta profundidad son propicias a acumular tierra y humedad en su interior, favoreciendo la germinación de semillas y el asentamiento de plantas en su interior. El resultado es un aspecto

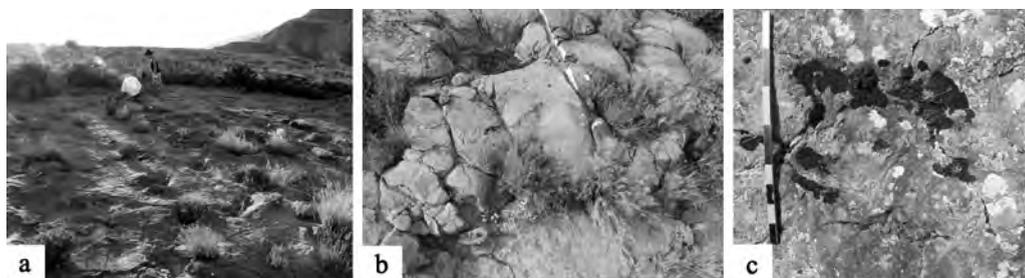


Figura 7. a y b) Yacimiento de la Era del Peladillo 5 en Igea. c) Yacimiento de la Umbría del Portillo en Munilla.

general de macetas. La máxima vulnerabilidad se alcanza cuando la vegetación se desarrolla hasta cubrir toda la superficie de un yacimiento favoreciendo la rotura de fragmentos.

Un ejemplo es el Yacimiento de la Era del Peladillo 5 (Igea) donde algunas huellas bastante profundas han desarrollado el citado *efecto macetero*, hecho que facilita el reconocimiento de los lugares en los que hay una icnita (Figura 7.a y b). Otro ejemplo es el Yacimiento de la Umbría del Portillo (Munilla), cuya superficie se encuentra muy colonizada por musgos y líquenes que aprovechan las fisuras de las huellas como punto de colonización (Figura 7.c).

Aunque en el caso de los yacimientos riojanos no es destacable por su escaso efecto, sí que es necesario comentar la existencia de factores biológicos de origen animal que pueden degradar los yacimientos, como el paso de animales salvajes (corzos, jabalíes...) y la colonización por pequeños animales (reptiles, artrópodos...) que hacen sus madrigueras en las oquedades y grietas de la losa o que incluso realizan sus puestas en las mismas (abejas alfareras y otros insectos).

En resumen, cabe concluir que la vulnerabilidad natural de los yacimientos paleoicnológicos riojanos es en general media, si bien en determinados casos esta se acrecienta por acción de alguno de los agentes expuestos con anterioridad o por la combinación de varios de ellos, pudiendo llegar a producir pérdidas de valor importantes en estos LIG. Para minimizar los efectos de estos procesos se pueden tomar medidas de gestión como el techado del yacimiento, la construcción de muros de contención y de canalización de aguas e incluso el recubrimiento total del yacimiento.

CONCLUSIONES

Los yacimientos paleoicnológicos riojanos son un elemento patrimonial de gran interés, como atestiguan su declaración como Bien de Interés Cultural y la relevante información científica desprendida de su estudio. El análisis de los procesos de degradación que están afectando a dichos yacimientos ha permitido elaborar un amplio catálogo de ejemplos, de los cuales, en este trabajo se reflejan aquellos relacionados con su fragilidad y su vulnerabilidad natural.

Este análisis ha utilizado la terminología propuesta desarrollada por las autoras en otro trabajo (Fuertes-Gutiérrez *et al.*, en este volumen). Al mismo tiempo, se complementa con otro artículo que analiza la vulnerabilidad antrópica y las degradaciones sufridas por los elementos utilizados en la puesta en valor de los yacimientos de icnitas de dinosaurio en La Rioja (García-Ortiz *et al.*, en este volumen).

En cuanto a la fragilidad de los yacimientos, ésta viene determinada por su litología (carbonática o siliciclástica) y, dentro de ésta, por factores como su composición, porosidad, granulometría o com-

portamiento hídrico. Las dos litologías presentes muestran ritmos de degradación similares, por lo que se puede concluir que todos los yacimientos riojanos tienen una fragilidad semejante aunque las causas directas de la meteorización sean diferentes.

Respecto a la vulnerabilidad natural, los yacimientos riojanos experimentan degradaciones que se deben básicamente a procesos de meteorización por la acción de la gravedad y del agua, tanto corriente como estancada. A esto hay que sumar una elevada vulnerabilidad debida a elementos biológicos de naturaleza vegetal que actúan tanto a nivel mecánico fracturando la roca mediante las raíces, como químico liberando sustancias.

La fragilidad media-alta de estos yacimientos así como la vulnerabilidad localmente alta que presentan obliga a tomar medidas especiales de cara a su gestión, como puede ser la preservación digital de los yacimientos, el recubrimiento de los afloramientos una vez estudiados, la aplicación de medidas físicas de conservación y rehabilitación, o la divulgación mediante la realización de réplicas, entre otras.

Como conclusión, el estudio presentado da a conocer y profundiza en las causas concretas que están diezmando el patrimonio de esta zona desde el punto de vista de la fragilidad y la vulnerabilidad natural. Ello permite diseñar actuaciones dirigidas específicamente a su mitigación, como es el recubrimiento del yacimiento o la instalación de infraestructuras de protección. Además, este análisis sienta las bases para la evaluación del riesgo de degradación individual de cada uno de los yacimientos estudiados, permitiendo su comparación. Todo ello debería ser tenido en cuenta a la hora de establecer pautas de actuación dentro de un plan de gestión integral del patrimonio paleontológico de La Rioja.

AGRADECIMIENTOS

A Félix Pérez-Lorente por la bibliografía facilitada y su apoyo en la realización de este artículo. Este trabajo se ha beneficiado de las ayudas a la investigación concedidas al Grupo de Investigación en Geomorfología y Patrimonio Geológico (GEOPAGE) de la Universidad de León.

REFERENCIAS

- Beuther, A. 1966. Geologische Untersuchungen in Wealdenund Utrillas Schichten in Westteil der Sierra de los Cameros (Nordwestliche Iberische Ketten). (Spanien). *Beihefte zum Geologischen Jahrbuch*, 55, 103-121.
- Caro, S. 2006. Alteración de la roca con huellas de dinosaurio y su evaluación de los productos para su conservación y preservación. *Actas Simposio Internacional Huellas que perduran. Icnitas de Dinosaurios: patrimonio y recurso*. Ed. Fundación del Patrimonio Histórico de Castilla y León, 219-242.
- Caro, S. y Pavía, S. 1998. Alteración y conservación de los yacimientos de huellas de dinosaurios de La Rioja. "La Virgen del Campo" (Enciso) y la "Era del Peladillo" (Igea). *Zubía*, 16, 1991-233.
- Caro, S., Pavía, S. y Pérez-Lorente, F. 2002. La intervención de la conservación de las huellas de dinosaurio de La Rioja (España). En: Pérez-Lorente, F. (Coord.), *Congreso Internacional sobre Dinosaurios y otros Reptiles Mesozoicos de España*, Logroño 27-29 de noviembre de 2002. Resúmenes de las comunicaciones y ponencias , 14.
- Caro, S., Pavía, S. y Pérez-Lorente, F. 2003. Intervenciones en la conservación de las huellas de dinosaurio de La Rioja (España). En: *Dinosaurios y otros reptiles mesozoicos de España*. Instituto de Estudios Riojanos. Logroño 26-29 Noviembre 2002, 26, 225-238.
- Caro, S. y Pérez-Lorente, F. 1997. Definición de concepto y propuesta de valoración del patrimonio paleoicnológico (pisadas de dinosaurio) de La Rioja, España. *Zubia*, 15, 39-43.
- Díaz-Martínez, I. 2011. Generalidades sobre las icnitas ornitópodas de La Rioja (Cuenca de Cameros, España). *Zubía*, 29, 61-84.
- Díaz-Martínez, I., García-Ortiz, E., Pérez-Lorente, F., Casas A. y Jiménez-Vela, A. 2010. Virgen del Campo, La Senoba y Barranco de Valdecevilla. Tras la huella de los dinosaurios de Enciso. En: Moreno-Azanza, M., Díaz-Martínez, I., Gasca, J.M., Melero-Rubio, M., Rabal-Garcés, R. y Sauqué, V. (Eds.), *VIII Encuentro de Jóvenes Investigadores en Paleontología*, volumen de actas, Cidarís, 30, 339-347.

- Fuertes-Gutiérrez, I., Fernández-Martínez, E. y García-Ortiz, E. En prensa. Propuesta de términos en castellano sobre aspectos relacionados con la susceptibilidad a la degradación del patrimonio geológico. *Cuadernos del Museo Geominero*, 15, (en este volumen).
- García-Ortiz, E. y Díaz-Martínez, I. 2008. Aportaciones de algunos yacimientos representativos de La Rioja al estudio del comportamiento de los dinosaurios. In: Esteve, J. & Meléndez, G. (Eds.). *Palaeontologica Nova, Publicaciones del Seminario de Paleontología de Zaragoza*, Vol 8, 207-220.
- García-Ortiz, E., Fuertes-Gutiérrez, I. y Fernández-Martínez, E. 2013. Análisis del riesgo de degradación de algunos yacimientos de icnitas de dinosaurio de La Rioja, España. 2 – Vulnerabilidad antrópica y elementos de puesta en valor. *Cuadernos del Museo Geominero*, 15, (en este volumen).
- García-Ortiz, E. and Pérez-Lorente, F. En prensa. Palaeoecological inferences about dinosaur gregarious behaviour based on the study of tracksites from the La Rioja area in the Cameros Basin (Lower Cretaceous), Spain. *Journal of Iberian Geology*.
- GEOMARE S.A.L., Geotecnología, Medio Ambiente y Recursos. 2007. Inventario y caracterización de recursos geológico - mineros singulares de la Comunidad Autónoma de La Rioja. El Gobierno de La Rioja en Internet, 24/01/13, <http://www.larioja.org/npRioja/default/defaultpage.jsp?idtab=456440&ldDoc=471255>
- Pérez-Lorente, F. 2002. La distribución de yacimientos y de tipos de huellas de dinosaurio en la Cuenca de Cameros (La Rioja, Burgos, Soria, España). *Zubia*, 14, 191-210.
- Más, R., Benito, M.I., Arribas, J., Serrano, A., Guimerà, J., Alonso, A. y Alonso- Azcárate, J. 2002. La Cuenca de Cameros: desde la extensión finijurásica- eocretácica a la inversión terciaria-implicaciones en la exploración de hidrocarburos. *Zubia Monográfico*, 14, 9-64.
- Moratalla, J., Sanz, J.L. y Jiménez, S. 1997. *Dinosaurios en La Rioja. Guía de yacimientos paleontológicos*. Gobierno de La Rioja, Consejería de Educación, Cultura, Juventud y Deportes; e Iberdrola, Sección de Mineralogía y Paleontología (Ed.), 175 pp.
- Tischer, G. 1966. Über die Wealden-Ablagerung und die Tektonik der östlichen Sierra de los Cameros in der nordwestlichen Iberischen Ketten (Spanien). *Geologisches Jahrbuch Beihefte*, 44, 123-164.