

Utilización de gvSIG para crear el Sistema de Información Geográfica para los yacimientos de icnitas de dinosaurios de La Rioja

Resumen: Los yacimientos de icnitas de dinosaurios de La Rioja tienen un gran valor científico y patrimonial. Están catalogados como Bien de Interés Cultural y propuestos para ser Patrimonio de la Humanidad. En este trabajo se explica el estado actual del proyecto SIG para los yacimientos de icnitas de dinosaurios de La Rioja, que integra información de registros oficiales y nuevos datos de campo. Ahora hay 164 yacimientos digitalizados que ocupan 90959,59 m² de 33 municipios del sur de La Rioja. Mediante análisis espacial se ha evaluado su vulnerabilidad, localizándose los yacimientos con mayor vulnerabilidad por cercanía a cauces de agua, carreteras y explotaciones mineras. Esta información puede servir para eliminar o mitigar estos efectos adversos salvaguardando el patrimonio paleontológico.

Palabras clave: Paleontología, Icnitas de dinosaurio, Sistema de información Geográfica, La Rioja, España

Autores: Esperanza García Ortiz de Landaluce¹ (cloessense@hotmail.com); Melisa González Menéndez² (mgonzm04@estudiantes.unileon.es), José Ramón Rodríguez Pérez² (jr.rodriguez@unileon.es).

¹Grupo de Investigación GEOPAGE. Universidad de León. Dpto. Geografía y Geología. Facultad de Filosofía y Letras. Campus de Vegazana, sn. 24071. León. España. Tel: +34 987 291 043. Web: <http://geopage.unileon.es/>

²Grupo de Investigación GI202-GEOINCA. Universidad de León. Avenida de Astorga, sn. 24401. Ponferrada. León. España. Tel: +34 987 442 000; Fax: +34 987 442 070. Web: <http://grupos.unileon.es/ingecart/>

Agradecimientos: Este trabajo ha sido realizado en el marco del proyecto “Desarrollo de un Sistema de Información Geográfica para la gestión de los yacimientos de icnitas de dinosaurios riojanos”, financiado por el Instituto de Estudios Riojanos (IER).

1. Introducción

Los Sistemas de Información Geográfica (SIG) se han ido abriendo camino como una herramienta de trabajo en todo tipo de ámbitos incluido el ámbito científico. Uno de los campos en los que se pueden emplear estas herramientas es la paleontología, incluida la paleoicnología (García-Ortiz et al. 2009; García-Ortiz y Rodríguez-Pérez, 2010).

La paleontología es una ciencia que se encarga del descubrimiento y estudio de fósiles, analizando de este modo la vida de diferentes organismos durante la historia del planeta. Una de sus ramas es la paleoicnología, que es el estudio de fósiles indirectos como rastros o huellas fósiles, también llamados icnitas o icnofósiles. Las icnitas son fósiles de huellas de la actividad vital de los organismos; resultado de la interacción entre los organismos con el sedimento.

Las icnitas de dinosaurio registran información sobre la anatomía, comportamiento, etc., ayudando a completar la información que se tenía sobre estos animales (Jiménez et al. 2012). Al aportar información sobre el comportamiento de los dinosaurios y el ambiente en que se formaron las huellas, tienen un gran valor científico, además del valor patrimonial y turístico, lo cual ha dado lugar incluso a la aprobación de leyes para su conservación (García-Ortiz et al. 2009).

2. El riesgo de degradación de los yacimientos de icnitas de dinosaurios

Se entiende por riesgo de degradación la probabilidad de que un elemento o recurso sea degradado (Fuertes-Gutiérrez et al. 2013).

La fragilidad es la susceptibilidad de un elemento a sufrir degradaciones por las características del mismo, por lo que es un factor intrínseco pero que puede ser acelerado por factores extrínsecos (Fuertes-Gutiérrez et al. 2013).

La vulnerabilidad son los factores externos que pueden generar degradación. Se diferencia entre vulnerabilidad natural, aquella generada por procesos naturales existentes en el territorio (pendiente del terreno, proximidad a cursos de agua, etc.). La vulnerabilidad antrópica, que es la generada por actividades humanas desarrolladas en torno a los yacimientos (Fuertes-Gutiérrez et al. 2013).

Algunos yacimientos de La Rioja están en riesgo por factores antrópicos y/o naturales, por tanto surge la necesidad de localizar espacialmente estas zonas de peligro para tomar las medidas oportunas.

3. Zona de estudio: La Rioja

Los yacimientos de icnitas de dinosaurios de la Comunidad Autónoma de La Rioja se encuentran repartidos por la zona más suroriental de dicha región, en un área geológica conocida como Cuenca de Cameros que engloba los valles de los ríos Leza, Cidacos y Alhama-Linares. En la Comunidad Autónoma de La Rioja se ha encontrado la mayor agrupación de icnitas de Europa (Caro et al. 1997) y entre sus yacimientos se encuentra el primer yacimiento europeo y el tercero del mundo por número de huellas así como otros con numerosas singularidades científicas (dinosaurios nadadores, manadas, etc.).

Los yacimientos de icnitas de dinosaurios de La Rioja tienen una gran importancia patrimonial. Se han incluido en los Bienes de Interés Cultural (BICs) de La Rioja, se encuentran en la lista de Geosites (García Cortés 2008), se han propuesto para Lugares de Interés Geológico (LIGs) y para patrimonio de la humanidad de la UNESCO (Díaz-Martínez, et al. 2010).

Dada la enorme importancia de este bien, en junio de 2000 se aprueba el Decreto 34/2000, para la declaración de “sitio histórico” de 40 yacimientos paleontológicos de icnitas de dinosaurio de la Comunidad Autónoma de La Rioja. También existe el Plan Especial de Protección de Icnitas de La Rioja, Boletín Oficial de La Rioja (B.O.R.) número 153, de 15 de diciembre. Modificado por la Resolución de 7 de julio de 2003, B.O.R. número 90, de 19 de julio y B.O.R. número 115, de 16 de septiembre.

4. Objetivos

El objetivo de este trabajo consistió en crear un proyecto SIG de los yacimientos de icnitas de dinosaurios de La Rioja. La base de datos contiene la información temática para la caracterización de los yacimientos, así como su localización precisa. Con este proyecto se tendrá un inventario preciso de los yacimientos y permitirá hacer estudios sobre riesgo de degradación de dichos yacimientos, entre otros análisis espaciales.

5. Material

Para el desarrollo del proyecto se ha partido de datos relativos a los yacimientos y de capas de información georreferenciada.

5.1 Información sobre los yacimientos de icnitas de La Rioja

En La Rioja se han realizado diversos estudios e inventarios sobre yacimientos paleontológicos que han servido para definir la base de datos temática.

Las fichas de yacimientos paleontológicos de La Rioja pertenecen al Servicio de Patrimonio Histórico Artístico del Gobierno de La Rioja, sección de Paleontología. Han sido generadas y actualizadas por diferentes equipos de investigación. En ellas consta el nombre del yacimiento, la localización aproximada, la tipología, la descripción, el material empleado, el estado de conservación, la actuación realizada, la situación legal, el anexo de planimetría y el anexo de documentación fotográfica (formato papel).

Otra fuente fue la Base de Datos de Yacimientos de Icnitas en La Rioja (BDYIR). Ésta recoge todos los afloramientos encontrados hasta el momento y en ella se describen las características de los diferentes yacimientos, con información obtenida a partir de trabajos de campo, las fichas de yacimientos paleontológicos de La Rioja y de otras publicaciones. Está en formato de tabla digital.

5.2 Capas de información georreferenciada

Las capas topográficas y de cartografía temática se han conseguido de diferentes fuentes. Estas son: el Centro Nacional de Información Geográfica (CNIG), la Infraestructura de Datos Espaciales Gobierno de La Rioja (IDE Rioja) y la Infraestructura de Datos Espaciales de España (IDEE), entre otras.

Del CNIG, se ha descargado la Base Topográfica Nacional 25000 (BTN25) para la Comunidad Autónoma de La Rioja (ETRS89 proyección UTM H30).

De la IDE Rioja se ha obtenido información vectorial de tipo polígono sobre los municipios de La Rioja. Esta información se encuentra en el sistema de referencia ETRS89, proyección UTM H30.

La plataforma de la IDEE se ha empleado para establecer una conexión Web Map Service (WMS) con el Plan Nacional de Ortofotografía Aérea (PNOA), obteniendo la visualización de máxima actualidad del PNOA, con una resolución espacial de entre 0,25 y 0,50 metros, en el sistema de referencia World Geodetic System 1984 (WGS84).

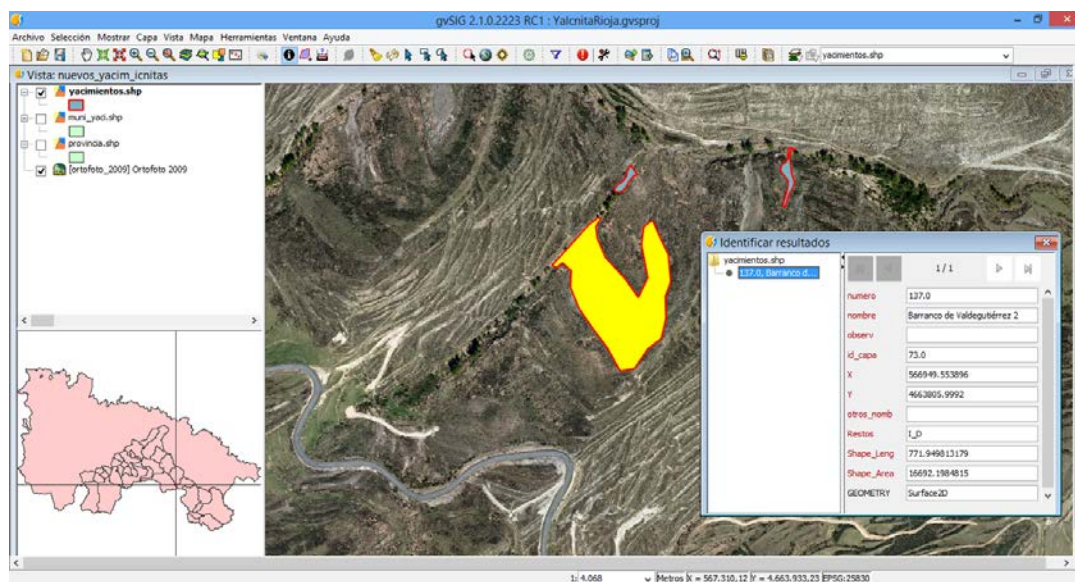


Figura 1: Vista utilizada para la digitalización en pantalla de los yacimientos de icnitas de dinosaurio.

6. Metodología

En este apartado se explicará cómo se ha realizado la capa de yacimientos de icnitas de dinosaurios de La Rioja. Ésta es vectorial de tipo polígono. Cada yacimiento se ha digitalizado sobre la ortofoto del PNOA (digitalización en pantalla), con ayuda de datos

tomados en campo (Figura 1). Los trabajos de campo sirvieron para caracterizar los yacimientos (creando la BDYIR) y delimitarlos sobre una ortofotografía en formato papel, si bien en algunos de ellos se georreferenció su posición mediante un receptor GPS.

Para realizar el análisis de vulnerabilidad se han distinguido factores naturales y factores antrópicos.

Entre los factores naturales, se ha considerado la cercanía de los yacimientos a algún cauce de agua; a partir de una capa con los ríos, se ha creado una capa de polígonos con todas las zonas que están a 5 m o menos de un cauce. Esta capa con las zonas de influencia de los cauces de agua fue intersectada con la capa de yacimientos para localizar las zonas en peligro por erosión fluvial.

Además se han considerado dos factores antrópicos: carreteras y explotaciones mineras. Se ha considerado como zona de vulnerabilidad antrópica, a una distancia de 8 m (carreteras convencionales) y 25 m (autopistas y vías rápidas), a ambos lados de la polilínea que define el eje de la carretera. Esta capa con las zonas de influencia de las carreteras y la capa de explotaciones mineras fue intersectada con la capa de yacimientos, localizando los yacimientos en peligro por factores antrópicos.

La Figura 2 representa mediante un diagrama el proceso metodológico para crear la capa con los límites de cada yacimiento (*yacimientos_poligono*) mediante digitalización en pantalla. Además se resumen los análisis espaciales utilizados en el análisis de vulnerabilidad.

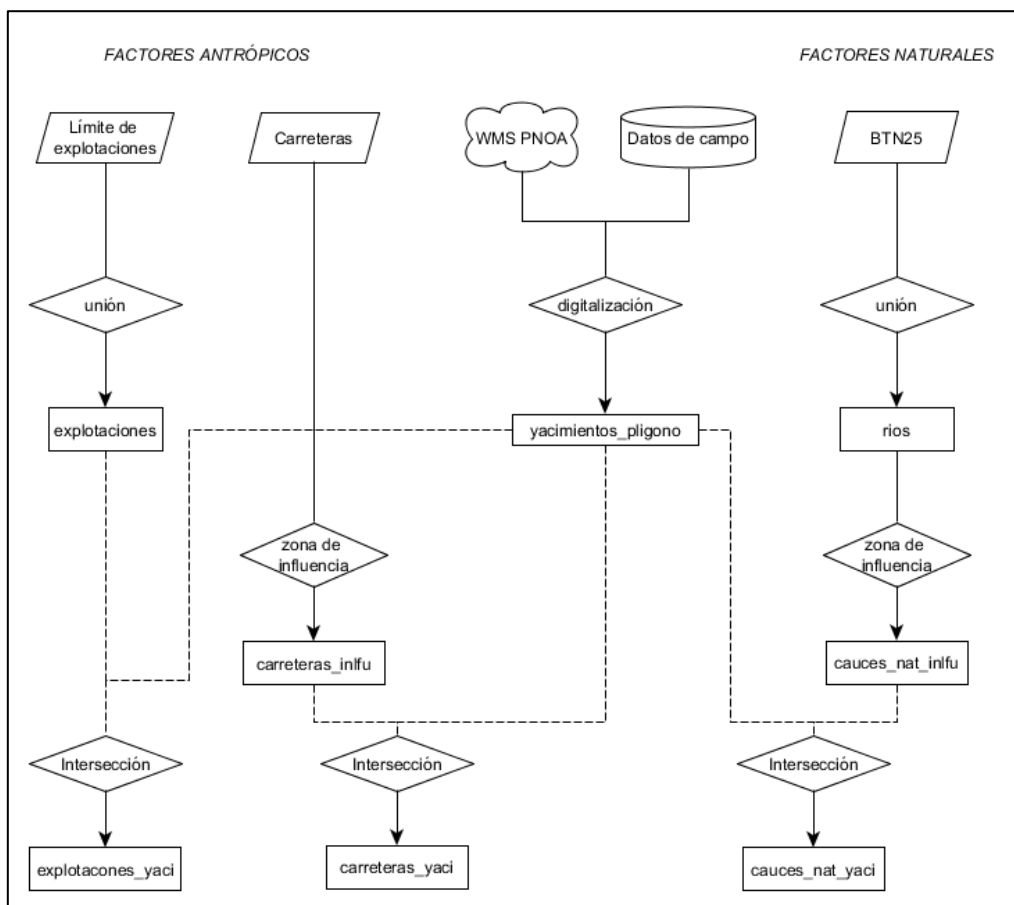


Figura 2: Flujo de trabajo para la creación del proyecto SIG y análisis espaciales

7. Resultados

El resultado fundamental del trabajo ha consistido en crear una capa vectorial con todos los yacimientos de icnitas de dinosaurios de La Rioja: *yacimientos_poligono* (shapefile). En ella hay caracterizados 164 yacimientos. La mayoría de los yacimientos están en la parte sur de La Rioja en los municipios de Enciso, Cornago e Igea (Figura 3, Tabla 1). El municipio con mayor número de yacimientos es Igea, que cuenta con 35 yacimientos, Munilla también tiene un importante número de yacimientos (34). Por el contrario los municipios con menor número de yacimientos son Laguna de Cameros, en el que se encuentra el yacimiento de La Rueda, y Valdemadera donde se encuentra el yacimiento de la Solana del Chorrón.

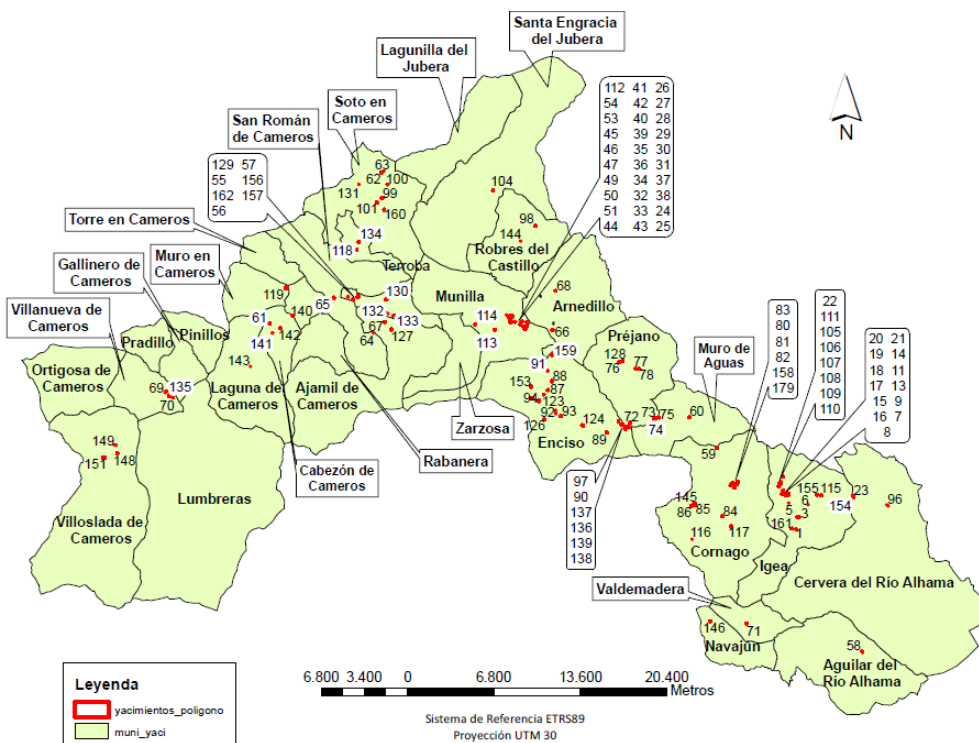


Figura 3: Localización de los 164 yacimientos de icnitas de dinosaurio (en rojo; con su número identificativo) sobre los municipios donde se encuentran (en fondo verde, con el nombre)

Tabla 1. Relación de los 164 yacimientos de icnitas de dinosaurio de La Rioja, con el número identificativo de la tabla de atributos de la capa

Nº	nombre	Nº	nombre	Nº	nombre	Nº	nombre
1	El Villar	42	San Vicente IV	83	Los Cayos E	124	El Villar-Poyales o Icnitas 4
2	La Cañada I	43	San Vicente V	84	La Regadera	125	Icnitas 3
3	La Cañada II	44	San Vicente VI	85	Cabezuelos	126	La Senoba
4	La Cañada III	45	San Vicente VII	86	Barranco de la Solana	127	El Contadero
5	Las Navas	46	San Vicente VIII	87	Gilera	128	Fuenteamarga
6	Santa Ana	47	San Vicente IX	88	Corral de Valdefuente	129	La Pellejera
7	La Torre 1-A	48	San Vicente X	89	Navalsaz	130	Santisol
8	La Torre 1-B	49	San Vicente XI	90	La Cuesta de Andorra	131	El Horcajo
9	La Torre 2	50	San Vicente XII	91	Barranco de Valdeño	132	Santa Juliana
10	La Torre 3	51	San Vicente XIII	92	Valdecevilla	133	La Barguilla
11	La Torre 3-A	52	San Vicente XIV	93	Valdecevilla E	134	Ilaga
12	La Torre 3-B	53	San Vicente XV	94	La Virgen del Campo	135	Vuelta de los Manzanos

Nº	nombre	Nº	nombre	Nº	nombre	Nº	nombre
13	La Torre 3-C	54	San Vicente XVI	95	La Virgen del Campo 2	136	Barranco de Valdegutiérrez 1
14	La Torre 4	55	Hornillos I	96	Las Navillas	137	Barranco de Valdegutiérrez 2
15	La Torre 5	56	Hornillos II	97	Barranco de la Sierra del Palo	138	Totico 1
16	La Torre 5-A	57	Hornillos III	98	San Vicente de Robres	139	Totico 2
17	La Torre 6-A	58	Virgen del Prado	99	Soto 1	140	Los Chopos
18	La Torre 6-B	59	El Chorrón del Saltadero	100	Soto 2	141	El Robledo
19	La Torre 6-C	60	Santa Lucía	101	Soto 3	142	Cabezón de Cameros
20	La Torre 7	61	Valdemayor	102	San Martín 1	143	La Rueda
21	La Torre "L"	62	Trevijano 1	103	San Martín 2	144	Valtrujal
22	Fonsarracin	63	Trevijano 2	104	San Martín 3	145	Valdeperillo
23	Valdebrajes	64	La Aguzadera	105	Era del Peladillo 1	146	Mina Victoria
24	Peñaportillo I	65	Peña Untura	106	Era del Peladillo 2	147	La Prea de Enciso
25	Peñaportillo II	66	La Mata	107	Era del Peladillo 3	148	San Prudencio
26	La Canal I	67	El Barranco de la Dehesa	108	Era del Peladillo 4	149	Río Maguillo
27	La Canal II	68	Las Hoyas	109	Era del Peladillo 5	150	La Moga 1
28	La Canal III	69	El Encinar	110	Era del Peladillo 6	151	La Moga 2
29	La Canal IV	70	Los Colmenares	111	Era del Peladillo 7	152	La Moga 3
30	La Canal V	71	Solana del Chorrón	112	El Sobaquillo	153	Las Losas
31	La Canal VI	72	La Magdalena	113	Malvaciervo	154	Valdebrajes abajo
32	La Canal VII	73	Valdeté	114	Las Mortajeras	155	Los Piojos
33	La Canal VIII	74	Tajugueras	115	Camino de Igea a Valdebrajes	156	Hornillos 5
34	La Canal IX	75	Perosancio	116	Barranco de Acrijos	157	Hornillos 4
35	La Canal X	76	Valdemurillo	117	Valdenocerillo	158	Los Cayos S
36	La Canal XI	77	Sol de la Pita	118	Camino a Treguajantes	159	Las Riscas
37	La Canal XII	78	Cuesta del Peso	119	La Cela A	160	San Babiles
38	La Canal XIII	79	Los Cayos A	120	La Cela B	161	Árbol fósil de Igea
39	San Vicente I	80	Los Cayos B	121	La Cela C	162	El Torrontón
40	San Vicente II	81	Los Cayos C	122	La Cela D	163	La Virgen del Campo 3
41	San Vicente III	82	Los Cayos D	123	Del Rio	164	La Virgen del Campo 4

Los yacimientos de mayor superficie se encuentran en los municipios de Enciso, donde se encuentra el yacimiento de mayor tamaño llamado Barranco de Valdegutiérrez 2, con una superficie potencial de 16692,1 m²; y en Villanueva de Cameros, donde se encuentra El Encinar con una superficie de 14122,2 m². A estos les siguen en extensión Valdeperillo y Valdecevilla, siendo el yacimiento de La Moga 1 el más pequeño ya que su superficie no llega al metro cuadrado.

La tabla de atributos de esta capa tiene información sobre la localización, número de yacimiento (clave para unirla con la BDYIR), tipo de fósil encontrado, y otros. La Tabla 2 muestra la estructura de la tabla de atributos.

Tabla 2. Descripción de los campos de la tabla de atributos de la capa *yacimientos_poligono*

Campo	Descripción
numero	Es un valor numérico que coincide con el valor del campo N° de BDYIR.
nombre	Es un campo de texto. Se corresponde con el nombre que tiene el yacimiento en BDYIR.
X	Campo numérico. Coordenada Easting (ETRS89 UTM30) del centroide de cada yacimiento.

Campo	Descripción
Y	Campo numérico. Coordenada Northing (ETRS89 UTM30) del centroide de cada yacimiento.
Otros_nomb	Campo de texto en el que se describen otros nombres de los yacimientos, en diferentes publicaciones.
Restos	Es un campo de texto. Las siglas de hacen referencia a si son restos Indirectos de Dinosaurios (I_D), restos Indirectos de Pez (I_PEZ), restos Directos de Dinosaurios (D_DINO) y restos Directos de Plantas (D_PLAN).
observ	Es un campo de texto, donde se han anotado observaciones relevantes sobre algunos yacimientos, tales como: si está desaparecido, si es un área potencial o si es inaccesible.
Id_capa	Es un campo numérico que ha servido para llevar un seguimiento de los yacimientos digitalizados.



Figura 4: Zonas vulnerables de los yacimientos (rojo) por cercanía a cauces de agua (azul) en El Encinar (Villanueva de Cameros) (izquierda) y Valdebrejas de Abajo (Igea) (derecha).

Respecto al análisis de vulnerabilidad, la superficie total de yacimiento afectada por la influencia de los cauces naturales es de 1449,93 m². Los yacimientos más afectados son El Encinar (807,6 m²), Fuenteamarga (223,5 m²) y La Aguzadera (174,7 m²), aunque también hay zonas afectadas en los de Valdebrajes (51,2 m²), Valdebrajes de abajo (9,0 m²) (Figura 4), Del Río (4,3 m²) y Los Chopos (3,1 m²), se encuentran en las zonas vulnerables afectadas por los cauces. El Encinar se encuentra afectado por dos arroyos diferentes (Arroyo de la Aldea y Arroyo del Pero), por lo que la superficie total afectada es la mayor (Figura 4). El yacimiento que se llama Del Río, se encuentra en un margen del río Cidacos y una parte está cubierta por el cauce del río de manera estacional.



Figura 5: Zonas vulnerables de los yacimientos (rojo) por cercanía a carreteras (gris) en El Villar (Igea) (izquierda) y San Prudencio (Villoslada) (derecha).

Hay un total de 10 yacimientos que se encuentran en zonas vulnerables debido a la influencia de carreteras. Estos yacimientos son El Villar con una superficie afectada de 114,4 m² (Figura 5), El Villar-Poyales tiene una superficie de afección de 58,4 m². Hornillos I cuya superficie afectada es de 94,2 m², Icnitas 3 está afectada en 57,0 m². Los Piojos está afectado un total de 60,7 m², San Prudencio tiene 74,8 m² afectados (Figura 5), Trevijano 2 también está afectado con una superficie de 441,7 m². Por último Valtrujal y Vuelta de los Manzanos tienen una superficie afectada de 42,2 y 35,2 m² respectivamente. Los yacimientos de Los Piojos, Trevijano 2 y Valtrujal están completamente bajo la influencia de la carretera.

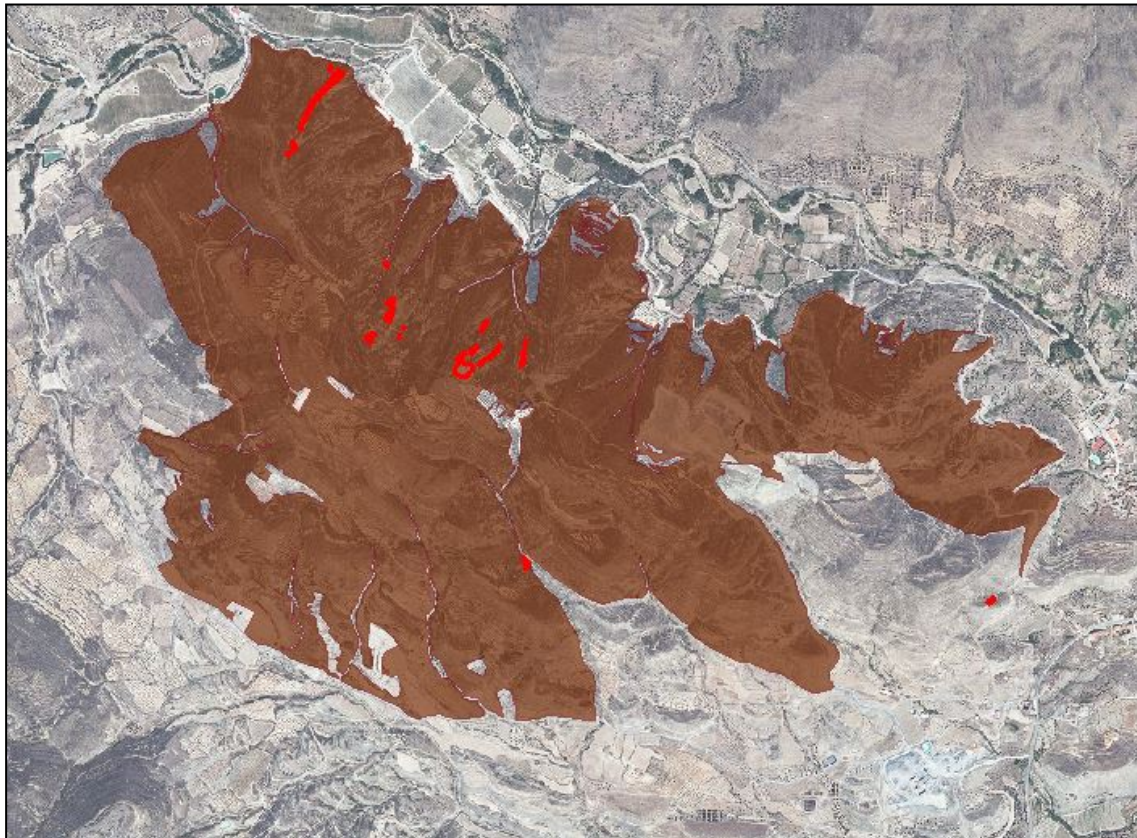


Figura 6: Zonas vulnerables de los yacimientos (rojo) por cercanía a explotaciones mineras tipo A (marrón)

En el análisis espacial se han localizado un total de 24 yacimientos afectados por explotaciones mineras pero casi todos ellos se sitúan en explotaciones de tipo A (aquellos recursos minerales de escaso valor económico y cuyo aprovechamiento, es su utilización directa en obras de infraestructura y construcción). En la Figura 6 se muestra como una explotación de la Sección A afecta a varios yacimientos, que están representados en color rojo. Los que se encuentran afectados son Era del Peladillo 1, Era del Peladillo 2, Era del Peladillo 3, Era del Peladillo 4, Era del Peladillo 5, Era del Peladillo 6, Era del Peladillo 7, La Torre "L" (2067,4 m²), La Torre 1-A, La Torre 1-B, La Torre 2, La Torre 3, La Torre 3-A, La Torre 3-B, La Torre 3-C, La Torre 4, La Torre 5, La Torre 5-A, La Torre 6-A, La Torre 6-B, La Torre 6-C, La Torre 7 y Las Navas.

8. Conclusiones

Los yacimientos de icnitas en La Rioja tienen una gran importancia patrimonial, cultural y científica. Esto puede aportar beneficios a la comunidad autónoma, tanto a nivel científico (investigación) como económico (turismo).

La base de datos creada ha permitido integrar toda la información temática registrada sobre los yacimientos de icnitas de dinosaurio de La Rioja, junto con su delimitación precisa en un único archivo. La base de datos georreferenciada está estructurada de tal forma que permite su actualización periódica a medida que aparezcan nuevos yacimientos o más información temática de interés. Esto podrá ayudar a definir mejor aquellos yacimientos que no se encuentren bien ubicados.

Una de las principales aportaciones del trabajo ha sido la georreferenciación de todos los yacimientos descritos hasta la fecha. Esto permite a todos los paleontólogos interesados (investigadores, funcionarios, estudiantes, etc.) localizar de forma precisa cualquier yacimiento. Esto es de vital importancia puesto que algunos yacimientos son difíciles de encontrar.

Gracias a este trabajo se han identificado los yacimientos que se encuentran en zonas de vulnerabilidad alta, bien sea antrópica o natural, o están en zonas de alto riesgo de degradación. Estos yacimientos necesitarían protección, no solo a nivel legislativo, sino de forma física para poder conservarlos, de lo contrario terminarán desapareciendo y se perderá un importante bien patrimonial.

Este trabajo puede servir como impulso para que se implementen los sistemas de información geográfica en más estudios paleontológicos, generando nuevas bases de datos para los yacimientos que se encuentran en la península, no solo en La Rioja. De este modo esta información puede estar más accesible.

Para dar continuidad a este trabajo se propone que la base de datos sea actualizada anualmente y que se realice un análisis de vulnerabilidad y riesgo de degradación de todo el territorio de La Rioja. Para conseguir la primera propuesta sólo se necesita la implicación de todos los paleontólogos que trabajan en La Rioja y para la segunda es necesario contar con toda la información del Inventario Nacional de Erosión del Suelo (INES).

9. Referencias bibliográficas

Caro, S., Pavía, S. (1998). "Alteración y conservación de los yacimientos de huellas de dinosaurio de La Rioja. La Virgen del Campo (ENCISO) y La Era del Peladillo (IGEA)". *ZUBÍA*, 16, p. 199-233.

Díaz-Martínez, I., García Ortíz de Landaluce, E., et al. (2010) "Treinta años de trabajo de campo en los yacimientos icnológicos de La Rioja (1980-2010)". *ZUBÍA*, 28, p. 167-178.

Fuertes-Gutiérrez, I., Fernández-Martínez, E., García Ortíz de Landaluce, E. (2013) "Propuesta de términos en castellano sobre conceptos relacionados con el riesgo de degradación del patrimonio geológico". *Cuadernos del museo geominero*, 15, p. 195-206.

García Cortés A (ed) (2008) Contextos geológicos españoles, una aproximación al patrimonio geológico español de relevancia internacional. IGME Madrid. ISBN: 978-84-7840-754-5.

García-Ortiz de Landaluce, E., Rodríguez-Pérez, J.R. (2010) “Diseño de un Sistema de Información Geográfica para los yacimientos de icnitas de dinosaurios de Asturias (España).” En: Libro de resúmenes. V Jornadas Internacionales sobre Paleontología de Dinosaurios y su Entorno. Salas de los Infantes (Burgos), 16-18 de septiembre de 2010.

García-Ortiz de Landaluce, E., Rodríguez-Pérez, J.R., Fernández Martínez, E. (2009) “gvSIG aplicado al estudio de yacimientos de icnitas de dinosaurios”. *5ª Jornadas Internacionales de gvSIG, 2-4 de diciembre de 2009 (Valencia)*. 10 pp. http://gvsig.gva.es/download/events/gvSIG-Conference/5th-gvSIG-Conference/Articles/Article-Yacimientos_ icnitas_dinosaurios.pdf, fecha de consulta: 06-11-2014.

Jiménez Moreno, F. J., Rivera Sylva, H., Carbot Chanona, G. (2012) “La paleoicnología: tras la huella de los dinosaurios”. *Elementos*, 86(19), p. 17-23.