

gvSIG APLICADO AL ESTUDIO DE YACIMIENTOS DE ICNITAS DE DINOSAURIOS

García Ortiz de Landaluce, E.¹, Rodríguez Pérez, J.R.² & Fernández Martínez, E.³

¹ Becaria de investigación. Universidad de León. Área de Paleontología. Dpto. Geografía y Geología.

Facultad de Filosofía y Letras. Campus de Vegazana, s/n. C.P. 24071 – León. cloessense@yahoo.es

² Universidad de León. Grupo de Investigación GI202: Geomática e Ingeniería Cartográfica (Geoinca).

E.S.T.I.A. Avda. de Astorga s/n. C.P. 24400 – Ponferrada (León). jr.rodriguez@unileon.es

³ Área de Paleontología. Dpto. Geografía y Geología. Universidad de León. Facultad de C.C. Biológicas y Ambientales. Campus de Vegazana, s/n. C.P. 24071 – León. e.fernandez@unileon.es

Resumen

El Principado de Asturias es una de las regiones españolas famosas por su patrimonio paleontológico, especialmente el ligado a los yacimientos de icnitas (huellas fósiles) de dinosaurios. Este tipo de restos tienen valor tanto desde el punto de vista científico como desde el punto de vista patrimonial, ya que, desde el año 2007, están sujetos a una legislación que contempla el patrimonio geológico y la geodiversidad como entidades a proteger.

En este contexto surge la necesidad de disponer de una metodología y de herramientas adecuadas para la captura, almacenamiento, manejo y presentación de datos así como para el análisis y valoración de este tipo de yacimientos. El proyecto gvSIG pone a disposición de los paleontólogos potentes herramientas para la realización de estos procesos. En este trabajo se expone una propuesta metodológica para la caracterización de yacimientos de icnitas de estos animales y se aplica a tres importantes enclaves del Jurásico Superior de Asturias.

Palabras clave: gvSIG, icnitas, dinosaurios, valor científico

1. Introducción

Los Sistemas de Información Geográfica (SIG) llevan varios años introduciéndose en distintos ámbitos científicos, revolucionándolos al facilitar al usuario un rápido acceso a enormes volúmenes de datos en formato digital y acelerar la realización de complejos procesos de análisis de información espacial que además, requerían gran cantidad de recursos y especialización del usuario.

Paralelamente a esta revolución, y ya concretamente en el campo de la Paleontología, una de las especialidades de mayor auge es la dedicada al estudio de los dinosaurios, que ha gozado de un impulso sostenido desde la década de los 70. La paleoicnología de dinosaurios, una de sus ramas, ha experimentado de la misma manera en los últimos años un notable desarrollo, lo que se hace patente en la gran cantidad de yacimientos estudiados y de trabajos publicados sobre el tema. Estos yacimientos tienen valor tanto desde el punto de vista científico, al aportar información relevante sobre los actos vitales (comportamiento) y entorno de estos grandes animales (paleohábitat); como desde el punto de vista patrimonial, debido al creciente interés por el geoturismo y la geodiversidad, es decir, la variabilidad en cuanto a número y calidad de registros geológicos de interés para la ciencia y la educación en un determinado territorio.

Además, desde el año 2007, en que se aprobaron varias leyes de ámbito nacional, estos yacimientos están sujetos a una legislación que contempla el patrimonio geológico y la geodiversidad como entidades a proteger. Al mismo tiempo, forman parte de la candidatura IDPI (Icnitas de Dinosaurios de la Península Ibérica) para Patrimonio Mundial de la UNESCO que esta actualmente en curso.

De esta forma surgió la iniciativa de desarrollo del presente trabajo, orientado a que la paleoicnología incluya los SIG como una herramienta de trabajo más y siga los pasos iniciados por otras disciplinas científicas como la arqueología y otras ramas de la paleontología.

2. Objetivos

El objetivo principal de este trabajo es desarrollar una metodología, basada en gvSIG, para la caracterización y valoración científica de yacimientos de icnitas de dinosaurios. Asimismo se exponen los resultados obtenidos en la aplicación de dicha metodología en tres importantes yacimientos de La Costa de los Dinosaurios (Asturias).

3. Contexto geográfico y geológico

El área de estudio se sitúa en la costa centro-oriental del Principado de Asturias (norte de España) en una región que se conoce como “La Costa de los Dinosaurios”, la cual tiene sus límites occidental y oriental marcados por el cabo de Torres en Gijón y la playa de Arra en Ribadesella, respectivamente.

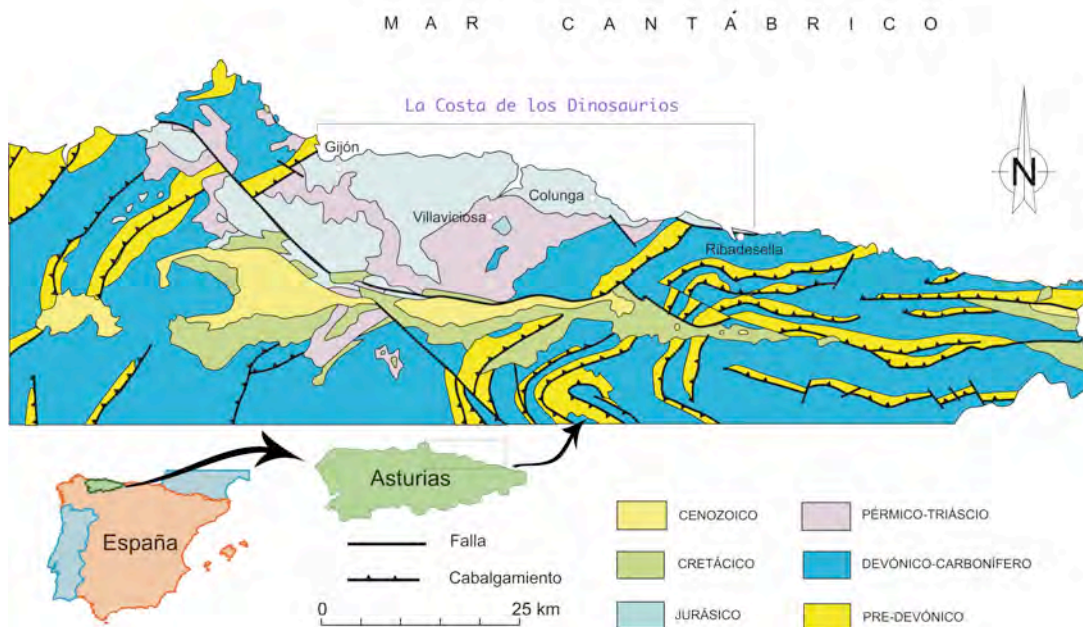


Figura 1 – Mapa geológico del sector oriental de Asturias en el que se representa el área conocida como “La Costa de los Dinosaurios”. Modificado de García-Ramos *et al.* (2008).

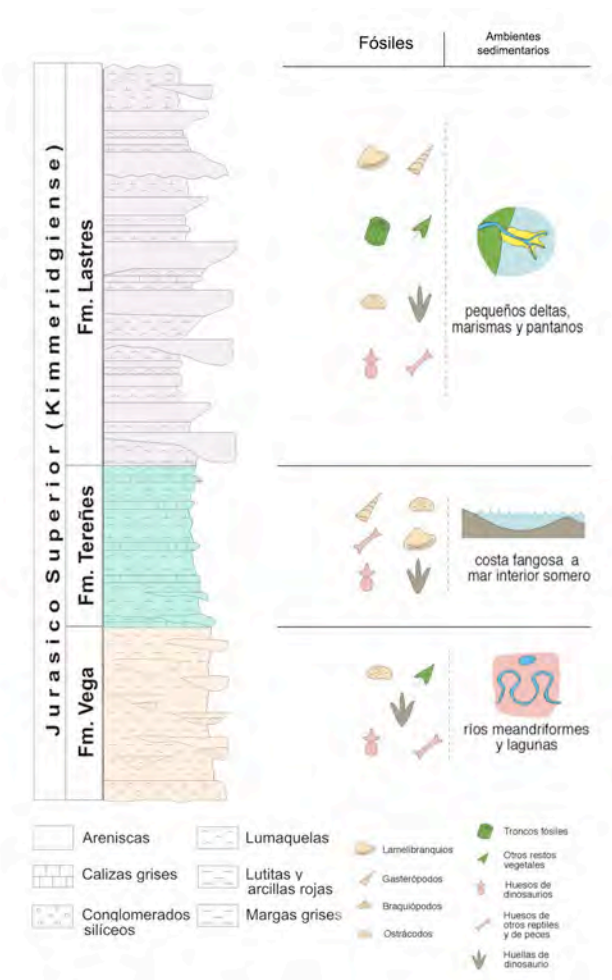
Dentro de la unidad llamada Cuenca de Gijón-Villaviciosa (Ramírez del Pozo, 1969) de la denominada Cuenca Meso-Terciaria (Figura 1), cuyos materiales se encuentran dispuestos de manera discordante sobre los paleozoicos. Sus límites se sitúan en dos

accidentes tectónicos, la falla de Veriña en el extremo occidental (a unos pocos kilómetros al oeste de la localidad de Gijón) y la falla de Ribadesella en el margen oriental, coincidiendo allí con la playa de Arra.



Figura 2 – Mapa de situación de los tres yacimientos objeto de estudio, **Faro de Tazones** (Villaviciosa), **Playa de La Griega** (Colunga) y **Acantilados de Tereñes** (Ribadesella).

Los yacimientos elegidos como objeto de estudio y ensayo de nuestra metodología son: Faro de Tazones, Playa de La Griega y Acantilados de Tereñes (Figura 2); todos ellos de edad Jurásico Superior, Kimmeridgiense.



Los materiales de estos yacimientos pertenecen a tres formaciones (Figura 3) que, de más antigua a más moderna, son:

- **Formación Vega**: constituida por alternancias de areniscas grises y lutitas rojas y, en menor proporción, conglomerados silíceos.
- **Formación Tereñes**: alternancia de margas y calizas grises oscuras.
- **Formación Lastres**: alternancias de areniscas grises con limonitas, lutitas grises, margas negras, capas calcáreo-dolomíticas y términos margoso-lumaquélidos.

Figura 3 – Columna estratigráfica del área de estudio (no a escala). Redibujada de García-Ramos *et al.* (2008), Piñuela Suárez (2000) y Ruiz-Omeñaca *et al.* (2007).

4. Material y desarrollo metodológico

Durante el desarrollo de este trabajo se llevaron a cabo diferentes procedimientos. En primer lugar se realizó la **selección y definición de los parámetros valorativos** a tener en cuenta para la obtención de una valoración según el interés científico (Cobos, 2004; Mampel *et al.*, 2009) de cada uno de los yacimientos. En total se seleccionaron 18 parámetros que se agruparon según 3 factores: valor intrínseco, valor extrínseco y excepcionalidad.

Estos parámetros se organizaron en dos **fichas**, una descriptiva y otra valorativa, a completar sobre cada uno de los yacimientos. La recopilación de la información para completar estas fichas se realizó mediante la **revisión de los fondos del Museo del Jurásico de Asturias (MUJA)** y, posterior **campana de campo** (Figura 4). Durante los trabajos de campo se tomaron las coordenadas de las huellas y de otros puntos de interés de los yacimientos (límites, afloramientos, etc.). Para ello se utilizaron dos receptores GPS: navegador Garmin modelo GPSmap®60Cx y receptor GPS monofrecuencia Magellan (modelo MobileMapper CE); con este último se capturaron los datos con el software ArcPAD (ESRI) y una antena externa que permitió mejorar la precisión de cada posicionamiento.



Figura 4 - Toma de datos con el receptor GPS Magellan en el rastro de *Deltapodus* del yacimiento de los Acantilados de Tereñes el 20 de Junio de 2009.

Tras el trabajo de campo, los datos obtenidos se introdujeron en el sistema informático y fueron estructurados para **configurar las bases de datos** específicas con toda la información temática y gráfica relevante para la caracterización científica de yacimientos de icnitas. Los datos tienen dos componentes principales: la *componente geográfica o espacial* (información sobre la posición, forma, geometría, etc., de los objetos representados) y la *componente temática o tributo* (características de los objetos representados). A continuación se detalla la información geográfica que conforma la base de datos creada.

- Información Geográfica Específica: son aquellas capas con información específica sobre icnología de dinosaurios de los yacimientos estudiados. Son:

- *Capa de huellas*. Es una capa vectorial de tipo punto. Como se comentó, cada huella fue georreferenciada con un receptor GPS y caracterizada mediante atributos temáticos (morfortipo, tipo de conservación, formación geológica, etc.). Esta información es relevante a la hora de contar el número total de huellas en el yacimiento o separadas por afloramientos o según determinados criterios.
 - *Capa de rastros*. Es una capa de tipo línea que contiene información de los rastros de cada yacimiento, es decir, las secuencias de icnitas de un dinosaurio. Con ella se pueden contabilizar los rastros de cada yacimiento, según tipos morfológicos, etc. Se han establecido hipervínculos a imágenes y ficheros de texto que complementan los atributos asociados a cada rastro.
 - *Capa de afloramientos*. Es de tipo polígono. Los polígonos representan cada uno de los diferentes afloramientos con huellas de dinosaurios dentro de un mismo yacimiento. La tabla de atributos contiene información como nombre, formación geológica, etc. Los límites de cada yacimiento se establecieron a partir de algunos puntos de referencia tomados con un receptor GPS y digitalizando sobre ortofotografías de las zonas estudiadas.
 - *Capa de yacimientos*. Al igual que la anterior es una capa de polígonos que representa la extensión potencial de cada uno de los yacimientos con información relevante como su extensión (área), perímetro, hipervínculos a imágenes y a la ficha descriptiva de cada yacimiento. Los límites también se digitalizaron a partir de ortofotografías y exploraciones de campo.
- Información Geográfica General: Son datos temáticos (geología, topografía, uso del suelo, etc.) de interés para trabajos como este en el que el medio físico es importante. A escala nacional los datos recopilados procedieron del Banco de datos de la Biodiversidad (http://www.mma.es/secciones/biodiversidad/banco_datos/); los datos autonómicos empleados fueron adquiridos al Servicio de Cartografía del Sistema de Información Territorial de Principado de Asturias. Algunos ejemplos de la información recopilada en este apartado son: ortofotografías a escala 1:5000 y sistema de referencia ETRS89, mapas de la Red Natura 2000 a escala 1:50000 en datum ED50 y coordenadas UTM (huso 30N), cartografía temática ambiental a escala 1:25.000 con datum geodésico ED50 y coordenadas UTM (huso 30N), etc.

Toda la información antes mencionada fue implementada en un proyecto **SIG**, el cual permite no sólo el almacenamiento estructurado, gestión y representación de los datos geográficos, sino también es una herramienta para la realización de análisis espaciales y modelos cartográficos con los cuales solucionar problemas concretos. Para ello el software utilizado fue:

- **gvSIG (v.1.1.2)**
- **Extensiones para gvSIG desarrolladas para la Junta de Castilla y León:**
<http://www.jcyl.es/scsiau/Satellite/_/es/Common/Diseno/SiteEntryImprimir/1234257445088/_/Texto:1234257426905/1234257445088?asm=j_cyl&nTexto=>>
- **Extensión ráster (piloto) para gvSIG:**

Gracias a gvSIG se pueden desarrollar **procesos de análisis** como crear nuevas capas, completar información temática, cambios en el sistema de proyección de las capas, cálculo de áreas y perímetros, contabilizar el número de huellas de cada yacimiento rastro, calcular la longitud de cada rastro, etc.

Posteriormente, en la **fase valorativa**, se aplicaron todos los criterios de valoración establecidos anteriormente obteniendo un valor científico de cada yacimiento.

Finalmente, se maquetaron e imprimieron los mapas. Para ello se utilizó el módulo de creación de mapas del software gvSIG, el cual permite la edición de mapas referentes a cada una de las vistas del proyecto. En todos los mapas se han incluido al menos título, leyenda, escala gráfica y sistema de coordenadas, para facilitar la correcta interpretación de los resultados.

5. Resultados

La metodología expuesta se ha aplicado a tres yacimientos de Asturias, obteniéndose una valoración de la importancia e interés científico de cada uno de ellos, resultando el de mayor interés científico el de los Acantilados de Tereñes (Tabla 1).

Tabla 1. Tabla con los resultados de la valoración científica de los 3 yacimientos de icnitas de dinosaurios objeto de estudio.

	Faro de	Playa de La	Acantilados de
VALOR INTRÍNSECO (Vi) - Huellas (H)			
H1. Número de huellas en rastros	2	1	3
H2. Número de huellas estudiadas	2	2	4
H3. Número total de huellas	4	2	4
H4. Tipo morfológico	4	2	4
H5. Tipo de conservación	3	3	3
H6. Estructuras morfológicas	4	2	4
H7. Estructuras de deformación del suelo	2	1	1
SUBTOTAL	21	13	23
VALOR INTRÍNSECO (Vi) - Rastros (R)			
R1. Número de rastros	3	2	2
R2. Diversidad de rastros	4	2	3
R3. Longitud de los rastros	1	2	2
SUBTOTAL	8	6	7
VALOR EXTRÍNSECO (Ve)			
F1. Otros restos fósiles de dinosaurios	3	3	3
F2. Otros restos fósiles de vertebrados no	2	2	4
F3. Otros fósiles de invertebrados	4	3	3
F4. Otros restos fósiles de flora	4	2	1
F5. Estructuras sedimentarias	4	3	4
SUBTOTAL	17	13	15
EXCEPCIONALIDAD (Ex)			
E1. Citas único	1	1	3
E2. Etología	0	0	2
E3. Rareza	4	0	4
SUBTOTAL	5	1	9
TOTAL	51/72	33/72	54/72

Además, la información temática recopilada de cada yacimiento (atributos) fue almacenada en una base de datos específica junto con la información geográfica (componente espacial). Por tanto el proyecto desarrollado con gvSIG contiene información que se ha organizado según tres categorías de datos (de un ámbito más general a uno más local): de toda España, de Asturias y de los tres yacimientos estudiados. Para asegurar la utilidad y vigencia del proyecto es necesario actualizar estos datos periódicamente, adquiriendo información geográfica actualizada (de administraciones y empresas) y, en el caso de la información específica, mediante campañas de campo.

Además, el sistema facilita la representación de los datos geográficos (Figura 5) y constituye una herramienta para el análisis espacial y creación de modelos cartográficos. Estas representaciones han sido editadas gracias al módulo de mapas del software gvSIG y representan desde la localización general de la zona de estudio hasta mapas de cada uno de los yacimientos con imágenes de detalle de cada uno de los afloramientos que los constituyen. En ellos aparecen representadas las icnitas de dinosaurios y los rastros, así como el área de cada afloramiento y la extensión potencial cada uno de los yacimientos.

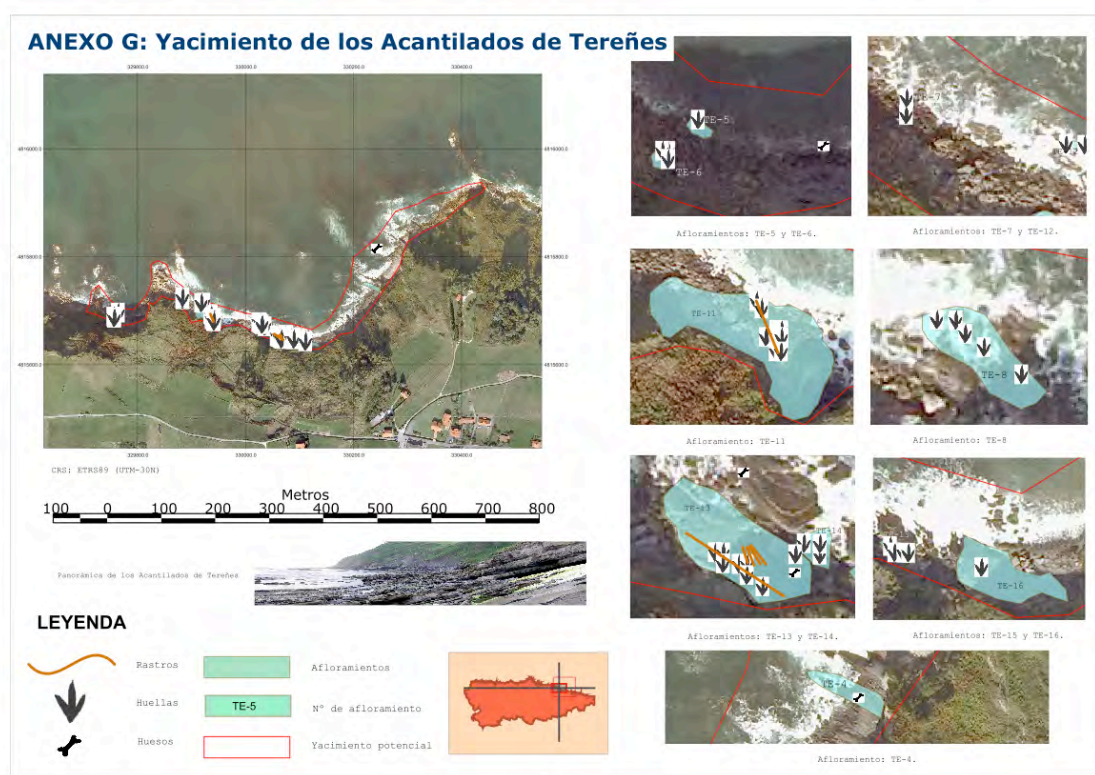


Figura 5 – Mapa del yacimiento de los Acantilados de Tereñes. En él aparece una ortofotografía mostrándo la extensión potencial del yacimiento (izquierda) así como detalles de cada afloramiento y los tipos de fósiles que aparecen en cada uno (derecha).

En cuanto a los análisis espaciales es interesante indicar las posibilidades que ofrece el SIG una vez estructurado. Un ejemplo son las operaciones de cálculo del área de los afloramientos y el área potencial de los yacimientos, así como los perímetros de estos. También se han creado hipervínculos entre elementos representados en las capas de

información y archivos de información temática. A continuación se indican cuales fueron las capas implicadas y los enlaces establecidos:

- *Capa de yacimientos*. 2 hipervínculos, uno a una imagen general y otro a un archivo PDF con la ficha descriptiva del yacimiento. Ambos fueron realizados con la herramienta de “hipervínculo especial” del conjunto de extensiones para gvSIG desarrolladas para la Junta de Castilla y León.
- *Capa de afloramientos*. Hipervínculo a una imagen de cada afloramiento.
- *Capa de rastros*. Hipervínculo a una fotografía de cada uno de los rastros. Una futura mejora de este proyecto SIG consistiría en establecer nuevos hipervínculos en la capa de huellas, para lo cual sería necesario disponer de información geográfica de localización precisa de todas las huellas existentes en los yacimientos y documentación fotográfica de cada una de ellas. Así se dispondría de una base de datos fotográfica de todas las huellas de los yacimientos asturianos.

Por último, las operaciones de *superposición* entre capas han permitido la creación de nuevas capas como la que se representa en la Figura 6, en la cual aparecen diferenciadas las huellas según el afloramiento en el que se sitúan. La *intersección* entre capas es una herramienta interesante con la que calcular algunos parámetros de cara a valoraciones como la que se ha realizado en este trabajo. Un ejemplo es una intersección entre la capa de huellas y yacimientos, que permitió calcular el número total de huellas por yacimiento. Esto mismo se podría aplicar a la capa de rastros, e incluso, con datos suficientemente fiables se podrían hacer análisis de más detalle como la intersección entre las capas de huellas y rastros para ver el número de huellas que constituyen rastros y por cuantas huellas esta constituido cada uno.

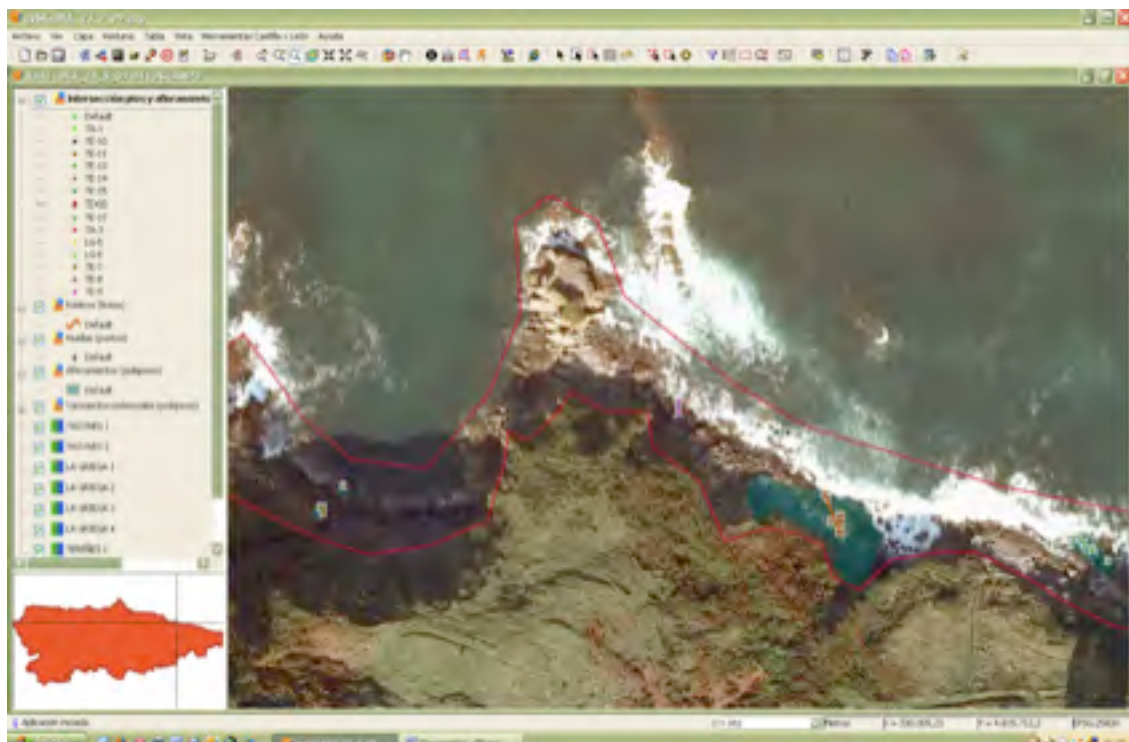


Figura 6 - Captura de pantalla del proyecto gvSIG donde se puede ver la *tabla de contenidos* con las capas de información específica sobre icnología de dinosaurios de los yacimientos (izquierda) y una vista de estas capas sobre una ortofotografía (derecha) del yacimiento de los

Acantilados de Tereñes. Se realizó una operación de superposición de capas entre las capas de huellas y afloramientos de tal forma que aparecen las huellas de cada uno de los afloramientos en un color diferente.

6. Conclusiones

Este trabajo supone un primer avance hacia la modernización de los métodos utilizados hasta ahora en la paleoicnología de dinosaurios, puesto que se ha desarrollado una metodología basada en la utilización de receptores GPS y SIG, para la recopilación de información científica relativa a tres yacimientos con huellas de dinosaurios del Principado de Asturias. Esta metodología es fácilmente adaptable a estudios similares que se deban hacer en otras zonas.

Para la creación del proyecto SIG con la información recopilada en la base de datos específica de nuestro campo se ha empleado gvSIG. Éste es un software SIG libre que, frente a un software propietario se ha comprobado que presenta ventajas como: ser más económico, multiplataforma, permitir mayor acceso a la información generada al ser de un SIG libre, independencia tecnológica de las empresas que gestionan software de tipo propietario, código abierto, internacionalización, grandes facilidades de difusión de los resultados obtenidos gracias a Jornadas Internacionales de libre acceso, facilidad en la resolución de problemas gracias a las listas oficiales de correo electrónico, etc.

Además, la aplicación de la metodología ha permitido corroborar el gran potencial fosilífero de la zona puesto que se han hallado nuevos fósiles, tanto directos como indirectos, en los 3 yacimientos objeto de estudio.

7. Referencias bibliográficas

- Cobos, A. (2004), “Valoración patrimonial de los yacimientos de icnitas de dinosaurio de la provincia de Teruel”. *Geogaceta*, 36, p. 191-194.
- García-Ramos, J.C., Piñuela, L., Aramburu, C. & Ruiz-Omeñaca, J.I. (2008), *Los yacimientos de icnitas de dinosaurios de Tereñes (Ribadesella), de la Playa de La Griega (Colunga) y su contexto paleoambiental. Guía de campo (Excursión A)*. XXIV Jornadas de la Sociedad Española de Paleontología, Museo del Jurásico de Asturias (MUJA), 15-18 Octubre de 2008, Colunga (Asturias), España. 41 pp.
- Mampel, L., Cobos, A., Alcalá, L., Luque, L. & Royo-Torres, R. (2009), “An Integrated System of Heritage Management Applied to dinosaur Sites in Teruel (Aragón, Spain)”. *Geoheritage* (en prensa).
- Piñuela Suárez, L. (2000), *Icnitas de dinosaurios bípedos del Jurásico de Asturias. Morfometría, morfología e interpretación*. Trabajo de investigación. Departamento de Geología. Universidad de Oviedo. (Inédito).
- Ramírez del Pozo, J. (1969), “Bioestratigrafía y Paleogeografía del Jurásico de la costa asturiana (Zona de Oviedo-Gijón-Villaviciosa)”. *Boletín Geológico y Minero*, 80 (4), p. 19-44.

Ruiz-Omeñaca, J. I., L. Piñuela, L. & García-Ramos, J. C. (2007), “Una vértebra de un pequeño ornitópedo (Dinosauria: Ornithischia) del Kimmeridgiense (Formación Lastres) de Tazones (Villaviciosa, Asturias)”. *Geogaceta*, 42: 83-86.