



Referencia:

Fecha: 17 de marzo de 2022

Informe sobre el “Estudio geológico de la estructura circular de la Sierra de Camaces (Salamanca) y su posible relación con un impacto meteorítico”

1. Antecedentes:

Contrato entre la empresa Alio Pacto SL y el IGME-CSIC para la realización de un estudio que permita confirmar o refutar la posibilidad de que la estructura circular que esta empresa ha identificado al norte de Ciudad Rodrigo pueda estar relacionada con un impacto meteorítico. Por su potencial para la exploración minera, la empresa subcontrató un estudio de *data mining* consistente en un análisis del modelo digital del terreno en busca de geometrías sospechosas de estar relacionadas con yacimientos minerales. Tras varias reuniones de consulta a finales de 2021 con especialistas del IGME-CSIC en meteoritos (Rafael Lozano) e impactos meteoríticos (Enrique Díaz), se acordó la conveniencia de realizar un estudio preliminar de la zona identificada como sospechosa, para verificar la presencia de rocas y/o estructuras relacionadas con impactos meteoríticos. El contrato para la realización del proyecto establece un Plan de Trabajo que incluye una investigación bibliográfica y cartográfica, una campaña de reconocimiento de campo, realizada del 28 de febrero al 3 de marzo de 2022, y la entrega de un informe con las conclusiones del análisis, interpretación y valoración de las evidencias encontradas, que se incluye a continuación.

2. Cuerpo del informe

Resumen ejecutivo (conclusiones)

El análisis e interpretación de la estructura geológica y litologías que afloran en las Sierras de Camaces y de Torralba, al norte de Ciudad Rodrigo (Salamanca), permite concluir que son el resultado de procesos geológicos relacionados con la estratigrafía y tectónica regional, y que no están relacionados con un impacto meteorítico. En concreto, se trata de la terminación periclinal noroccidental de una gran sinforma alargada en sentido NW-SE que afecta a las rocas del Ordovícico y Silúrico del sur de la provincia de Salamanca, mencionada en la bibliografía como Sinclinal de la Sierra de Francia-Torralba. No se ha encontrado ninguna evidencia mínimamente significativa que pueda insinuar la afección de las rocas de estas sierras por deformación o metamorfismo de impacto.

Recopilación bibliográfica y cartográfica

No existen referencias bibliográficas de estudios geológicos restringidos exclusivamente a la Sierra de Camaces, pero sí las hay que incluyen esta zona como parte de otros estudios más amplios. Se han consultado sobre todo los mapas geológicos 500, 501, 525 y 526 a escala 1:50.000 del IGME y sus memorias correspondientes (Bascones Alvira y Rodríguez Alonso 1990, Martín Herrero et al. 1990, Martín Serrano et al. 2000, Monteserín et al. 2000), así

como otras referencias generales (García de Figuerola y Ugidos Meana, 1971), de bioestratigrafía del Terciario (Polo et al., 1987) y de sedimentología y geomorfología del Plio-Cuaternario (Martín Serrano et al. 1998). En los anexos se incluyen los documentos PDF correspondientes, y a partir de ellos se ha establecido el siguiente resumen de evolución geológica regional.

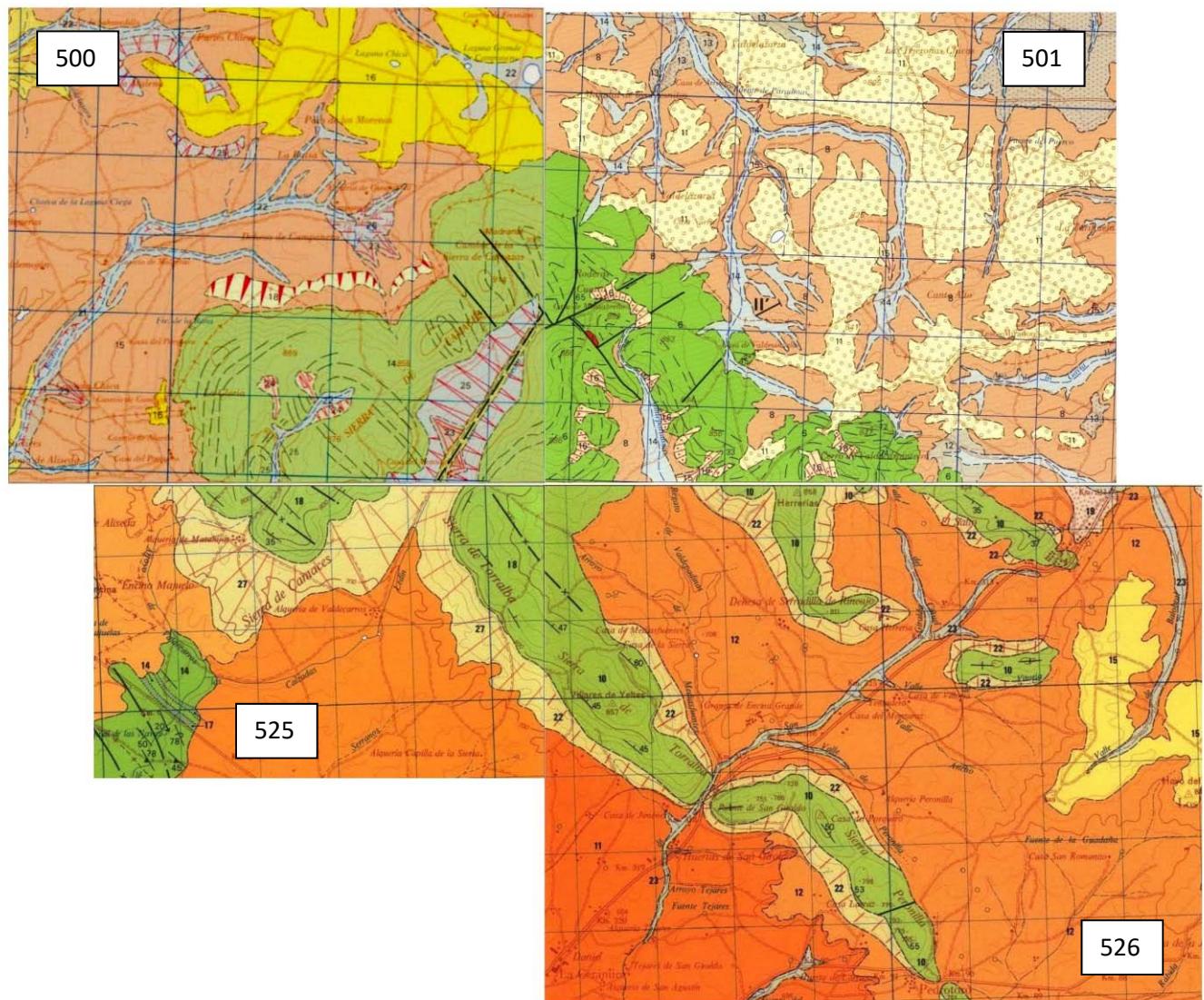


Figura 1. Montaje con las cuatro esquinas de las hojas 500, 501, 525 y 526 del mapa geológico nacional (MAGNA) del IGME que cubren la zona de estudio (Bascones Alvira y Rodríguez Alonso 1990, Martín Herrero et al. 1990, Martín Serrano et al. 2000, Monteserín et al. 2000).

Geológicamente, la zona de estudio se sitúa en la parte norte de la Zona Centro-Ibérica del orógeno varisico ibérico, y dentro de la fosa tectónica terciaria de Ciudad-Rodrigo, cuyos materiales sedimentarios detríticos fosilizan el paleorrelieve excavado sobre el zócalo paleozoico durante el Terciario, que ha sido exhumado durante el Plio-Cuaternario y sigue siéndolo en la actualidad. Los relieves principales de las sierras son de tipo estructural, condicionados por la presencia de litologías más resistentes a la erosión, fundamentalmente las cuarcitas del Ordovícico inferior (Cuarcita Armoricana).

Este Ordovícico se presenta en lo que constituye la terminación periclinal septentrional del Sinclinal de la Sierra de Francia y Sierra de Camaces-Torralba, estructura tectónica regional definida y estudiada por primera vez por García de Figuerola y Ugidos Meana (1971), claramente visible en el mapa geológico (Figura 1 y anexos) y en las imágenes de satélite (Figura 3 y anexos). Las cuarcitas y pizarras del Ordovícico están afectadas por un metamorfismo regional varisco de bajo grado que condiciona la resistencia a la erosión de los materiales, y un plegamiento varisco que condiciona la orientación y repetición de las capas. Para el entorno regional del área de estudio se han definido cuatro fases principales de deformación varisca, de las cuales la primera y más relevante D1 es la que originó los pliegues de dirección NW-SE, con una esquistosidad S1 penetrativa asociada. En la zona de estudio, la unidad cuarcítica alcanza los 125 m de espesor, mientras que en la Sierra de Francia supera fácilmente los 200 m.

Los depósitos terciarios de facies continental fluvial del relleno de la Fosa de Ciudad Rodrigo se disponen discordantes sobre el paleorrelieve tallado por la erosión en los materiales metasedimentarios. Litológicamente están constituidos por microconglomerados, arenas y lutitas de composición arcósica y tonos claros blanquecinos y verdosos. Estos materiales arcósicos se atribuyen al Oligoceno y Mioceno inferior (Polo et al., 1987) y constituyen el principal relleno de la cuenca de Ciudad Rodrigo, fosilizando los paleorrelieves cuarcíticos alargados en dirección NW-SE (Martín Serrano et al., 1998).

Tal como muestran las Figuras 2 y 3, en la región destaca la presencia de relieves erosivos diferenciales a favor de la dureza de la cuarcita ordovícica que aflora en estructuras sinclinales variscas que se prolongan hacia el sureste desde la Sierra de Torralba, apareciendo como nuevos relieves exhumados en el interior de la fosa terciaria, como la Sierra de Peronilla, y su continuación más al SE, en la Sierra de la Peña de Francia (Martín Serrano et al., 1998).

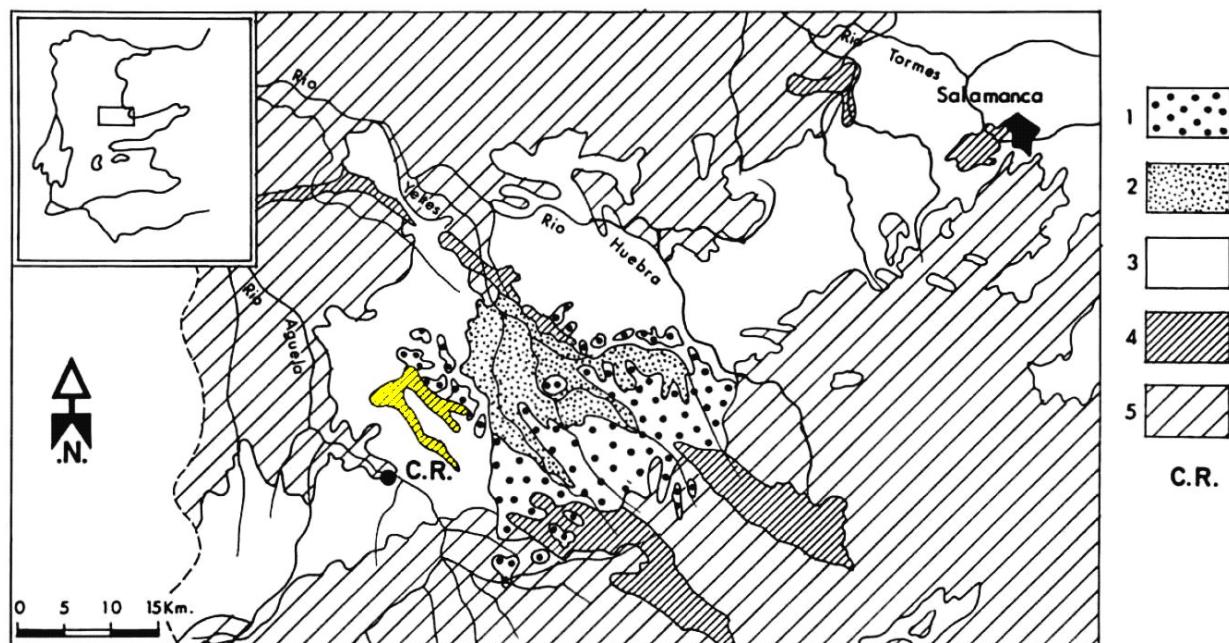


Figura 2. Situación general de las Sierras de Camaces y Torralba (en amarillo) según el mapa geológico simplificado de Martín Serrano et al. (1998). Leyenda: 1 y 2, abanicos aluviales pliocuaternarios (raña y piedemonte); 3, Terciario (Fosas de Ciudad Rodrigo y Salamanca); 4, Ordovícico (relieves cuarcíticos), 5, Basamento pre-Ordovícico. CR: Ciudad Rodrigo.

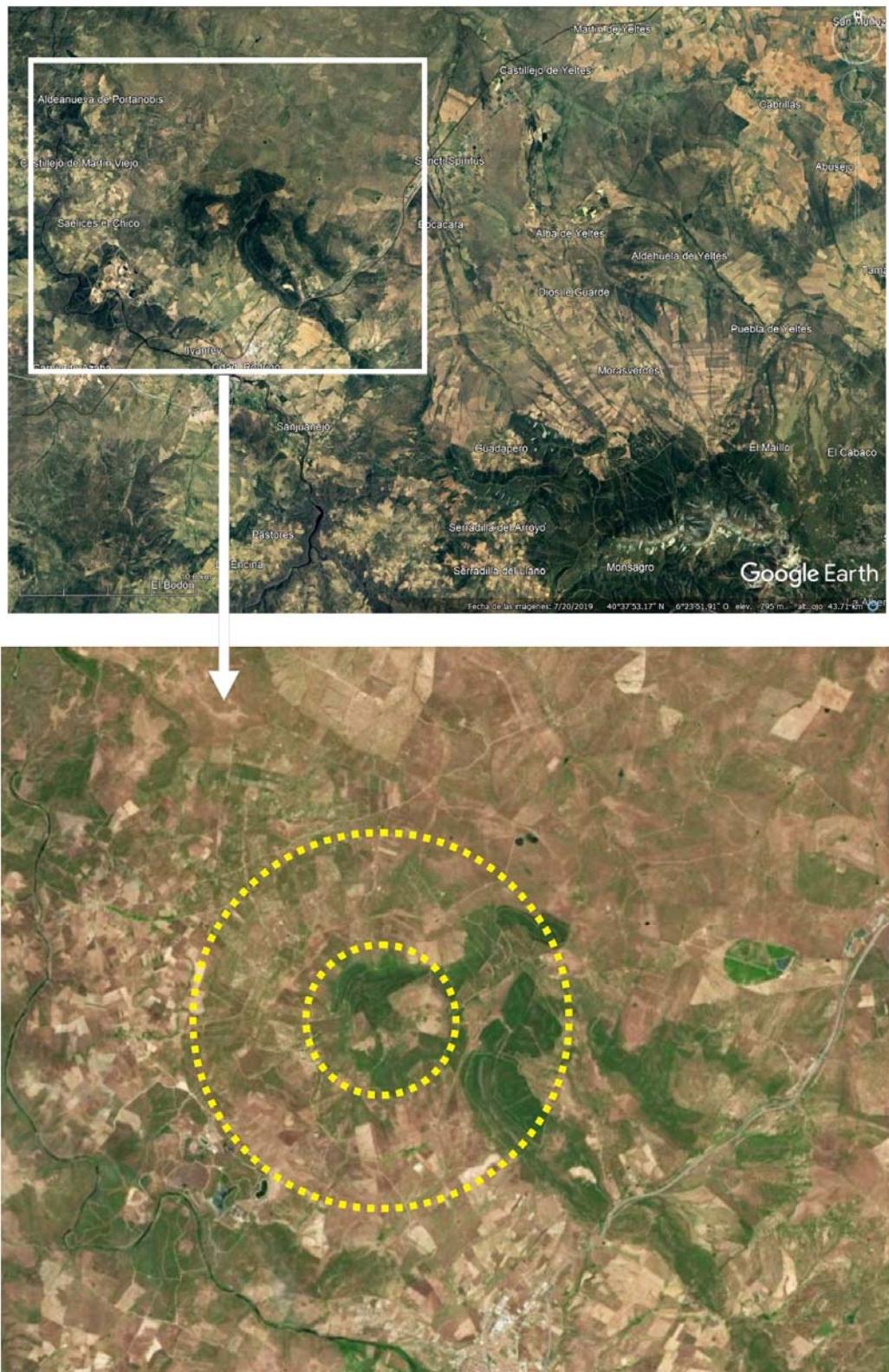


Figura 3. Reconocimiento de los principales relieves cuarcíticos ordovícicos por la vegetación asociada, en comparación con las zonas cultivadas, tal como muestran las ortoimágenes de la zona de estudio. En amarillo, las estructuras circulares interpretadas a partir del MDT.



Reconocimiento de campo

Debido a la borrasca que barrió la Península Ibérica el 3 de marzo, sólo se realizaron tres días de trabajo de campo efectivo (descontando los desplazamientos de ida y vuelta), del lunes 28 de febrero al miércoles 2 de marzo, algo menos del tiempo planificado originalmente. El trabajo de campo durante esos tres días consistió en un reconocimiento de visu por todas las carreteras y caminos accesibles al público que rodean y se internan en las Sierras de Camaces y Torralba, y que tuvieran el potencial de contener afloramientos, ya sea en la propia trinchera del camino o en sus proximidades. En cada uno de estos afloramientos significativos identificados se realizaron observaciones sobre los siguientes parámetros: litología, estratigrafía, fracturas (fallas y diaclasas), grado de alteración físico-química, y presencia o ausencia de elementos geológicos potencialmente relacionados con impactos meteoríticos. Cuando las condiciones del afloramiento lo permitían, se tomaron mediciones de rumbo y buzamiento en los planos representativos de la estratificación y la fracturación (ver anexos). Por último, reseñar que precisamente la zona central de la estructura circular (Figura 3) entorno al cerro Matahijos (extremo SW de la Sierra de Camaces) no pudo ser visitada por falta de permisos para el acceso, al tratarse de fincas privadas con portones cerrados con candado.

Análisis e interpretación de las evidencias

1. Litología y estratigrafía

Las rocas identificadas como afloramientos *in situ* con buena conservación y fiabilidad suficiente para su observación y caracterización se han restringido a estas tres:

- Depósitos heterométricos cuaternarios superficiales asociados a los principales relieves: coluviones, conos de deyección y abanicos aluviales. Son frecuentes como recubrimiento superficial de poco espesor (pocos metros) en la mayoría de los afloramientos estudiados, y no se han considerado de relevancia para los objetivos de este estudio.
 - Arcosas de grano medio a grueso y microconglomeráticas, correspondientes al relleno Oligoceno-Mioceno de la cuenca de Ciudad Rodrigo que recubre los paleorrelieves excavados en el Paleozoico. Son frecuentes las estructuras edáficas (marmorización epigénica) con tinción de óxidos férricos, tanto asociados a fracturas de espaciado decimétrico como a la alteración química de los bloques resultantes. No muestran evidencias de microfracturación ni *shatter cones*. Han sido observadas en las paradas 1, 2, 3, 9, 20 y 30.
 - Cuarcitas de grano medio a fino, masivas o con laminación, en bancos decimétricos a métricos, y con frecuente diaclasado de espaciado variable, desde centimétrico a métrico. No muestran evidencias de microfracturación ni *shatter cones*. Han sido observadas en las paradas 4, 5, 10 a 18, 21 a 29 y 31 a 34.
- En general, la estratigrafía de cada unidad (Ordovícico, Oligoceno-Mioceno y Plio-Cuaternario), tanto internamente como entre ellas, no muestra irregularidades ni incoherencias geométricas que puedan indicar una modificación impactogénica superpuesta a los procesos geológicos regionales.

2. Estructura tectónica

Sobre el afloramiento y en las panorámicas realizadas (paradas 5, 6, 16, 17 y 19), las cuarcitas mantienen la tendencia de los pliegues observables en las fotos aéreas, y cuyas trazas ya fueron identificadas y representadas en los mapas geológicos y sus memorias (véase la Figura 1). En general, se trata de una gran estructura sinforme con pliegues menores paralelos superpuestos, coherente con lo descrito en estudios previos en relación con el Sinclinal de la Sierra de Francia y Sierra de Camaces -Torralba y su terminación periclinal septentrional. No se ha observado ningún indicio de posible modificación impactogénica de esta estructura tectónica regional ya identificada en los



estudios previos mencionados. La zona de influencia de las estructuras circulares propuestas (Figura 3) no está afectada por ninguna modificación de la estructura tectónica regional. Los lineamientos observables en la fotografía aérea de la zona central de la estructura circular (Matahijos, Sierra de la Gloria y Casas del Hocino), representados con trazas en el mapa geológico de Villar de Ciervo (Monteserín et al., 2000) y cotejados sobre el terreno durante el trabajo de campo realizado para este estudio, mantienen su continuidad y coherencia con la estructura periclinal de sinforma replegada del Sinclinal de la Peña de Francia y Sierras de Camaces y Torralba.

3. Evidencias impactogénicas

Como queda patente a partir de lo mencionado en los apartados anteriores, no se han encontrado evidencias compatibles con un impacto meteorítico posterior a la orogenia varisca centrado en el entorno del cerro Matahijos, tal como sugieren las estructuras circulares identificadas a partir de la topografía (Figura 3). De acuerdo con el tamaño sugerido para el impacto (unos 8 km de diámetro), si el relieve actual fuera resultado de un impacto meteorítico, deberían haberse visto afectadas (a) la disposición estratigráfica de las tres unidades descritas en el apartado 1, y (b) las estructuras tectónicas regionales descritas en el apartado 2. En ninguno de los afloramientos observados y analizados en la campaña de campo se han identificado rocas sospechosas de haberse originado por un impacto meteorítico del tamaño propuesto. Lo normal sobre un sustrato de basamento cristalino (Ordovícico) y detrítico siliciclástico (Cenozoico) en caso de un impacto meteorítico de ese tamaño es que hubiera rocas ígneas resultado de la fusión del sustrato (tagamitas), así como brechas, suevitas y litologías intermedias (brechas suevíticas y suevitas brechoideas). Además, como resultado de la sobreexcavación del cráter por la explosión, debería haber inversión del margen (*overturned flap*) con formación de un manto de eyección depositado en su entorno, así como una fuerte deformación en los bordes y destrucción total localizada hacia el centro de la estructura, afectando a los pliegues variscos. Ninguna de estas evidencias ha sido encontrada en los recorridos realizados.

Conclusiones

El análisis e interpretación de las litologías y estructura geológica que afloran en las Sierras de Camaces y de Torralba, al norte de Ciudad Rodrigo (Salamanca), permite concluir que son resultado de procesos geológicos relacionados con la estratigrafía y tectónica regional, y que no están relacionados con un impacto cosmogénico. En concreto, se trata de la terminación periclinal noroccidental de una gran sinforma alargada en sentido NW-SE que afecta a las rocas del Ordovícico y Silúrico del sur de la provincia de Salamanca (Sinclinal de la Sierra de Francia y las Sierras de Camaces y Torralba). No se ha encontrado ninguna evidencia mínimamente significativa que pueda insinuar la afección de deformación por impacto o metamorfismo de impacto a las rocas de las sierras de Camaces y de Torralba.

Bibliografía mencionada

Bascones Alvira L, Rodríguez Alonso MD 1990. Memoria explicativa del Mapa Geológico de España, Escala 1:50.000, Hoja 526, Serradilla del Arroyo. Instituto Tecnológico GeoMinero de España, 68 p.

García de Figuerola LC, Ugidos Meana JM 1971. Rasgos geológicos de la región comprendida entre el sinclinal Sequeros-Ahigal de los Aceiteros y Cañaveral (provincias de Salamanca y Cáceres). I Congreso Hispano-Luso-American de Geología Económica, 1, sección 1 (Geología), 1-18.



Martín Serrano A, Cantano M, Carral P, Rubio F & Mediavilla R 1998. La degradación cuaternaria del piedemonte del río Yeltes (Salamanca). *Cuaternario y Geomorfología*, 12, 5-17.

Martín Herrero D, Albert Colomer V, López Plaza M, Rodríguez Alonso MD 1990. Memoria explicativa del Mapa Geológico de España, Escala 1:50.000, Hoja 525, Ciudad Rodrigo. Instituto Tecnológico GeoMinero de España, 96 p.

Martín Serrano A, Monteserín V, Santisteban JI 2000. Memoria explicativa del Mapa Geológico de España, Escala 1:50.000, Hoja 501, La Fuente de San Esteban. Instituto Tecnológico GeoMinero de España, 74 p.

Monteserín V, Rodríguez Fernández LR, Santisteban JI, Mediavilla R, Fernández J, Gallastegui G, Escuder J, Bellido F, Rubio Pascual FJ, Martín Romera C, Sanz Santos MA, Grima Olmedo J, Rubio Campos JC, Ortega C, Florido P, Lombardero M, García del Amo D 2000. Memoria explicativa del Mapa Geológico de España, Escala 1:50.000, Hoja 500, Villar de Ciervo. Instituto Tecnológico Geominero de España, 120 p.

Polo MA, Alonso Gavilán G & Valle MF 1987 Bioestratigrafía y paleogeografía del Oligoceno-Mioceno del borde SO de la fosa de Ciudad Rodrigo (Salamanca). *Studia Geologica Salmanticensia*, 24, 229-247.



ANEXOS

Listado de las 34 paradas, con indicación de la ubicación, observaciones y medidas realizadas.

Archivos digitales correspondientes a las 93 fotos de campo, mapas topográficos y geológicos, bibliografía, fotos aéreas.



Listado de las 34 paradas, con indicación de la ubicación, observaciones y medidas realizadas.

Día	Hora	Parada	Coordenadas geográficas	Observaciones	Buzamiento
28/02/2022	16:53	1	40°42'56"N 6°28'31.35"W	PK 5,9 de la carretera DSA-463, arenas arcósicas gruesas con cantos redondeados	
28/02/2022	17:13	2	40°43'20.9"N 6°29'08.8"W	PK 6,9 de la carretera DSA-463, arenas arcósicas gruesas con cantos redondeados	
28/02/2022	17:26	3	40°43'28.6"N 6°29'24.2"W	PK 7,6 de la carretera DSA-463, arenas arcósicas gruesas con cantos redondeados, bajo coluvión de cantos subredondeados cuarcíticos	
28/02/2022	17:52	4	40°41'43.5"N 6°31'20.4"W	Entrada al comedero de buitres, capa de cuarcita, espesor métrico, continuidad, fracturación normal	140/60SW
28/02/2022	18:11	4 bis	40°41'43.9"N 6°31'23.6"W	Pequeño afloramiento en el camino, capa de cuarcita decimétrica, poca continuidad, fracturación normal	135/50SW
28/02/2022	18:21	5	40°41'21.9"N 6°31'42.2"W	Pozo Airón, 916 m, cuarcita espesores métricos, fracturación variable	105/47N
01/03/2022	8:29	6	40°32'55.4"N 6°25'44.6"W	Foto panorámica de las sierras	
01/03/2022	10:13	7	40°39'35.8"N 6°34'51.6"W	Rocas del vallado, sólo cuarcita, nada sospechoso	
01/03/2022	10:45	8	40°40'32.8"N 6°35'1.2"W	Rocas del vallado con cuarcita y pizarra, nada raro, poca fracturación	
01/03/2022	11:01	9	40°41'35.1"N 6°35'8.15"W	Junto a granja. Arenas arcósicas de grano grueso, alteración edáfica.	
01/03/2022	11:45	10	40°41'2.9"N 6°32'0.2"W	Junto a camino en mal estado (mal acceso por cortafuegos), cuarcita en bancos métricos, diaclasado de espaciado amplio, banco con espaciado centimétrico, fotos, fragmento con nódulos arenosos	160/49SW
01/03/2022	12:20	11	40°40'57.8"N 6°32'14.2"W	Subiendo por cortafuegos. Cuarcita en bancos decimétricos y métricos, diaclasado 155/40NE con el mismo espaciado (decimétrico a métrico), nada sospechoso	010/70W
01/03/2022	13:06	12	40°40'43"N 6°31'6.6"W	Cuarcita en bancos y diaclasado dm-m, rumbo 170, buzamiento no se distingue	
01/03/2022	13:13	13	40°40'19.8"N 6°31'27.75"	En cruce de camino y cortafuegos, fotos al frente, cortafuegos a ambos lados, cuarcita, bloques y diaclasado decimétrico a métrico, bloques sueltos, sin afloramientos	
01/03/2022	13:22	14	40°40'10.7"N 6°31'34.5"	Afloramiento alargado continuo de cuarcita paralelo al camino, foto	018/64W
01/03/2022	13:32	15	40°40'4.6"N 6°31'38.6"W	Cuarcita, bancos dm-m, misma orientación aparente, 028/subvertical	028/90
01/03/2022	14:09	16	40°40'2.3"N 6°30'54"W	Fotos panorámica oriental y camino en cortafuegos	
01/03/2022	14:30	17	40°40'37"N 6°30'45"W	Fotos panorámica al N y E	
01/03/2022	17:52	18	40°39'58.6"N 6°28'58.2"W	Hito Herreras, diaclasado subvertical rumbo 120-125, estratificación con buzamiento capas al SSE, falla (bajo la base del hito antiguo roto): 30/60NW	70/25S



02/03/2022	9:38	19	40°37'16.2"N 6°30'32.1"W	Foto panorámica a la Sierra de Torralba con cuarcitas formando la cresta	
02/03/2022	9:46	20	40°37'23.8"N 6°30'20.4"W	Trinchera de la carretera N-620a, arenisca de grano fino, tinción paleosuelos (marmorización férrica), normal (nada sospechoso), algún canto redondeado de cuarzo, subhorizontal.	
02/03/2022	11:03	21	40°38'41.2"N 6°31'1.8"	Junto al camino, cuarcita, bancos métricos a decimétricos, escaso diaclasado con espaciado decimétrico, ver foto aérea	120/34NE
02/03/2022	11:20	22	40°38'47.2"N 6°31'0"W	Pasando puerta de acceso restringido. Cuarcita, diaclasado subvertical al sur, buzamiento bajo al NE, bancos métricos a decimétricos, varias fotos, buen afloramiento, nada sospechoso	119/26NE
02/03/2022	11:56	23	40°38'55.7"N 6°31'12.6"W	Pasando por hueco bajo la alambrada. Cuarcita, bancos decimétricos a métricos, buzamiento como otros anteriores	150/44NE
02/03/2022	12:23	24	40°39'30.5"N 6°31'42.8"W	Acceso enmarañado por jaral-brezal. Cuarcita, bancos decimétricos a métricos, fotos	168/45-61E
02/03/2022	12:56	25	40°40'2.6"N 6°31'50"W	Megabloques de cuarcita, espaciado métrico, fotos	42/61SE
02/03/2022	13:14	26	40°40'3.5"N 6°31'44.5"W	Acceso enmarañado por jaral-brezal. Cuarcita, bancos decimétricos a métricos, diaclasado subvertical (fracturas Riedel asociadas al plegamiento)	45/38°SE
02/03/2022	13:27	27	40°40'4.2"N 6°31'44"W	Igual que la anterior, pero algo más arriba, mucho diaclasado subvertical	40/52SE
02/03/2022	14:54	28	40°39'45.5"N 6°32'13.3"W	Trinchera del camino. Coluvión de ladera con abundantes cantos cuarcíticos, foto.	
02/03/2022	14:58	29	40°39'41"N 6°32'14.9"W	Trinchera del camino. Coluvión de ladera con abundantes cantos cuarcíticos, foto.	
02/03/2022	15:03	30	40°38'41.6"N 6°31'15.4"W	Trinchera del camino. Arcosa de grano grueso con algún canto pequeño, tinción edáfica, foto.	
02/03/2022	16:56	31	40°39'50.2"N 6°29'10.7"W	Ladera suroeste de Herrerías, junto al camino. Cuarcita, bancos decimétricos a métricos, algo diaclasado, vetillas de cuarzo	044/33°SE, 030/30°SE
02/03/2022	17:28	32	40°39'44.4"N 6°29'2.7"W	Acceso difícil. Cuarcita, bancos métricos, poco diaclasado, fotos.	060/27°SE
02/03/2022	17:40	33	40°39'44.6"N 6°29'0"W	Acceso difícil. Cuarcita, bancos métricos a decimétricos, bastante diaclasado, fotos	175/24°E
02/03/2022	18:11	34	40°39'50.7"N 6°28'58.7"W	Cuarcita, bloques métricos, aparentemente colocados (posible dolmen)	