

Respuesta espectral de unidades morfosedimentarias cuaternarias de la Cuenca de Huércal-Overa según su edad relativa (Almería, Sureste de España)

Spectral response of Quaternary morphosedimentary units from the Huércal-Overa Basin according to their relative chronology (Almería, Southeast Spain)

E. García-Meléndez ⁽¹⁾, M. Ferrer Julià ⁽²⁾, M. Suárez Barrios ⁽³⁾, A. Rianza ⁽⁴⁾, J.L. Goy ⁽³⁾, C. Zazo ⁽⁵⁾

⁽¹⁾ Departamento de Ingeniería Minera, Área de Geodinámica Externa, Facultad de Ciencias Ambientales, Universidad de León, Campus de Vegazana s/n, 24071 – León.

⁽²⁾ Departamento de Geografía, Universidad de Salamanca, C/ Cervantes nº 3, 37008 – Salamanca.

⁽³⁾ Departamento de Geología, Universidad de Salamanca, Pza. de la Merced s/n, 37008 – Salamanca.

⁽⁴⁾ Instituto Geológico y Minero de España, C/ Ríos Rosas, 23, 28003-Madrid.

⁽⁵⁾ Departamento de Geología, Museo Nacional de Ciencias Naturales (CSIC), C/ José Gutiérrez Abascal, 2, 28003 – Madrid.

ABSTRACT

The morphosedimentary Quaternary units present in the Huércal-Overa Basin (Southeast Spain) are studied in terms of their spectral response through laboratory reflectance spectroscopy covering the 400 to 2500 nm wavelength interval. This technique applied to a set of samples composed of mineral mixtures, in order to determine is the relationships between spectral curves and relative chronology. The obtained results show qualitatively the relationship between the relative chronology of the units and their spectral response, showing its importance as an additional criterion for the assignment of relative ages and for the proper interpretation of remote sensing images.

Key words: Geomorphology, Remote Sensing, Spectroscopy, Reflectance

Geogaceta, 35 (2004), 55-58

ISSN:0213683X

Introducción

El estudio llevado a cabo en este trabajo consiste en el análisis de la respuesta espectral de unidades sedimentarias del Cuaternario, comprobando la relación existente con la ocurrencia de procesos postsedimentarios que han producido una serie de cambios en la composición mineralógica, a su vez relacionados con la edad de las unidades sedimentarias. La principal utilidad y aplicación de los estudios de reflectancia espectral de sedimentos y rocas es para la correcta interpretación de las imágenes captadas por sensores remotos, ya que la citada respuesta espectral constituye la posibilidad de identificar y/o discriminar distintos componentes litológicos en las imágenes de Teledetección. La mayor parte de los estudios de la respuesta espectral en Geología se han centrado en rocas ígneas y metamórficas, existiendo algunos en rocas sedimentarias, y muy pocos en Geología del Cuaternario, entre estos últimos, se encuentran los trabajos de Shipman y Adams (1987), Beratan y Anderson (1998), etc., aunque sí se han realizado en mayor número en suelos (Labrandero, 1978; Weismiller *et al.*, 1983; Baumgardner *et al.*, 1985, entre otros). En trabajos anteriores (García-Meléndez *et al.*, 2000; García-Meléndez *et al.*, 2001; Gar-

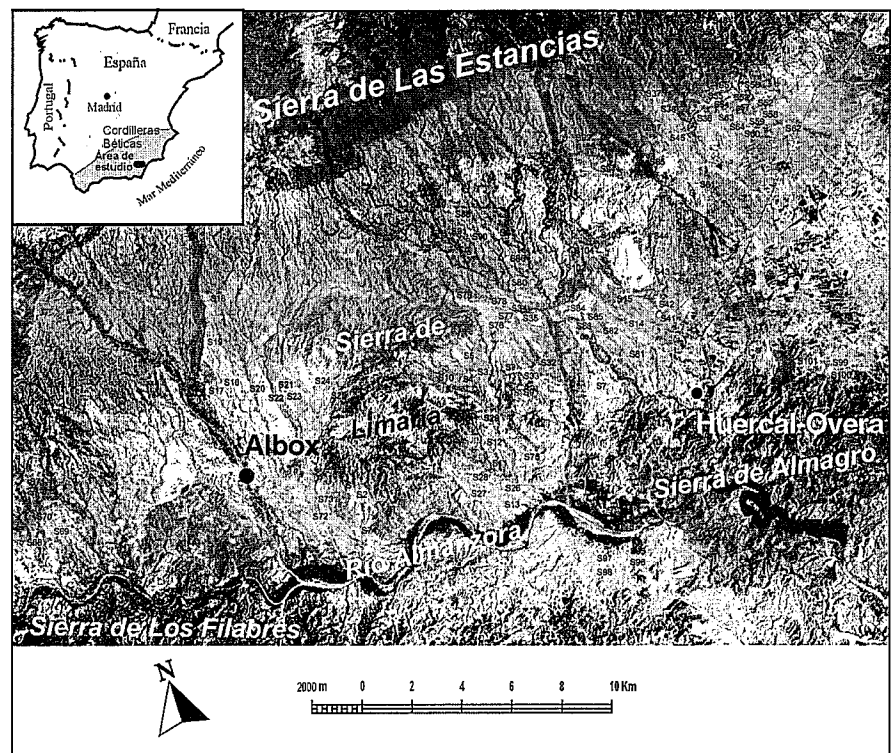


Fig. 1.- Localización del área de estudio dentro de las Cordilleras Béticas y de las muestras tomadas. Imagen de satélite del sensor Landsat-5 TM correspondiente a la banda 7.

Fig. 1.- Location of the study area in the Betic Cordilleras and location of the samples. Landsat-5 TM band 7 satellite image

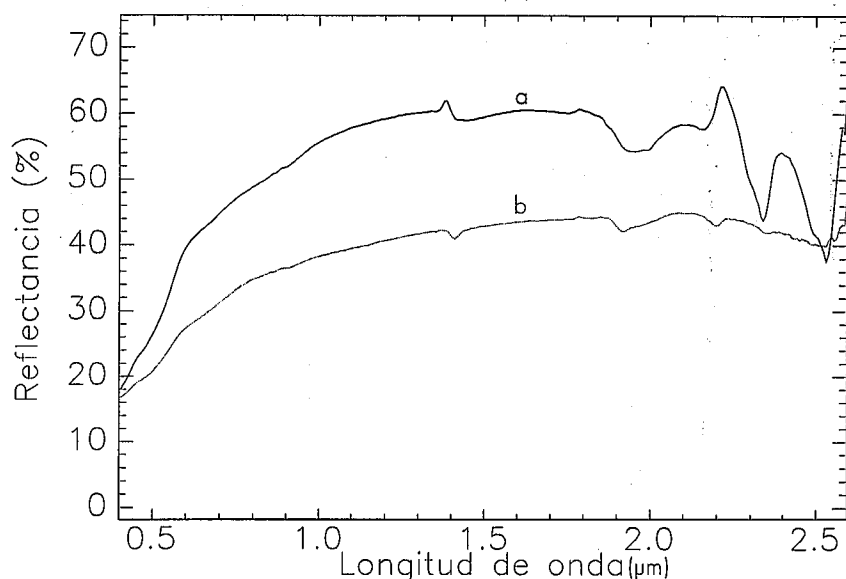


Fig. 2.- Curvas espectrales de unidades morfosedimentarias correspondientes al Plioceno superior - Pleistoceno inferior; a) espectro correspondiente a una muestra de travertino, b) espectro representativo de muestras de unidades de origen fluvial.

Fig. 2.- Spectral curves from late Pliocene - early Pleistocene morphosedimentary units, a) spectral curve corresponding to a travertine sample, b) representative curve from units of fluvial origin.

cía-Meléndez *et al.*, 2002), sobre la base del muestreo realizado se determinó la composición mineralógica correspondiente a las superficies de los distintos niveles de las unidades morfosedimentarias de distintos sectores de la cuenca de Huércal-Overa mediante difracción de rayos X, también en estos trabajos se calculó mediante espectroscopía de reflectancia de laboratorio la respuesta espectral de las muestras correspondientes a distintos sectores de la zona de estudio, comparando y observando cómo la composición mineralógica influye en la respuesta espectral, y cómo estas diferencias espectrales era posible distinguirlas en las imágenes de satélite del sensor Landsat TM. En el presente estudio se analiza la relación existente entre la respuesta espectral (íntimamente ligada a la composición mineralógica) y la edad relativa de las unidades morfosedimentarias muestreadas en la totalidad del área de la cuenca de Huércal-Overa. Para ello se estudia la respuesta espectral de las distintas unidades morfosedimentarias, estableciendo unas características comunes según la cronología relativa de las citadas unidades. Los resultados obtenidos permiten establecer claras tendencias evolutivas durante el Cuaternario, así como significativas excepciones de la tendencia general.

Contexto geológico

El área de estudio se encuentra localizada en la cuenca neógeno-cuaternaria de

Huércal-Overa, en la provincia de Almería (Fig. 1). La cuenca de Huércal-Overa se encuentra situada en las Cordilleras Béticas (Sureste de España) limitada al Norte por la Sierra de Las Estancias y al Sur por la Sierra de Los Filabres y la Sierra de Almagro. Las unidades morfosedimentarias objeto de estudio están formadas principalmente por sedimentos correspondientes a abanicos aluviales, cuya disposición geométrica a lo largo del Cuaternario está caracterizada por una serie de niveles encajados sucesivamente, originando una morfología escalonada que ha permitido la diferenciación de siete fases morfogénicas de disección - agradación tanto en la zona de estudio como en áreas próximas (García-Meléndez, 2000). La cronología relativa de las distintas fases sedimentarias, la mayor parte de ellas de origen fluvial, ocurridas durante el Cuaternario está basada (en ausencia de material datable) en criterios geomorfológicos como son las alturas relativas a las que se encuentran los depósitos, su grado de desmantelamiento basado en la degradación de las superficies sedimentarias por el desarrollo de una red de drenaje que aprovecha los antiguos canales distribuidores de abanicos aluviales, creando una incisión incipiente en éstos (García-Meléndez, 2000), y el estudio de las dataciones realizadas en áreas circundantes por otros autores tanto en áreas costeras (Goy *et al.*, 1993, entre otros) como en el interior (Agustí *et al.*, 1997; Wenzens, 1992; Silva, 1994, entre otros).

Método

Primeramente se recogieron un total de 101 muestras distribuidas por toda la cuenca de Huércal-Overa abarcando la mayor parte de las superficies de las distintas unidades morfosedimentarias. Las muestras recogidas corresponden a los materiales más superficiales. Posteriormente, se aplicó la técnica de espectroscopía de reflectancia de laboratorio, basada en los principios físicos involucrados en la interacción de la energía electromagnética con la materia, abarcando las medidas e interpretación de la variación de la radiación electromagnética reflejada e incidente con la longitud de onda. Para la totalidad de las muestras se realizaron medidas espectrales con un espectrofotómetro Perkin-Elmer Lambda-9, provisto de una esfera integradora, registrando la reflectancia con respecto a un estándar de sulfato de Bario (SO_4Ba). Las medidas espectrales se han tomado con un intervalo de lectura (resolución espectral) de 1 nm en todo el intervalo de longitudes de onda examinado. Para ello se utilizó la fracción menor de 4 mm utilizada para el análisis mineralógico, que a su vez fue pasada por un tamiz de 2,5 mm de luz, debido a las especiales características del portamuestras del espectrofotómetro utilizado. Los espectros de reflectancia obtenidos han sido posteriormente, por una parte, comparados con curvas espectrales características de distintos minerales (Hunt & Salisbury, 1970; Clark *et al.*, 1990) con el fin de identificar los rasgos de absorción y, por otra, analizados con

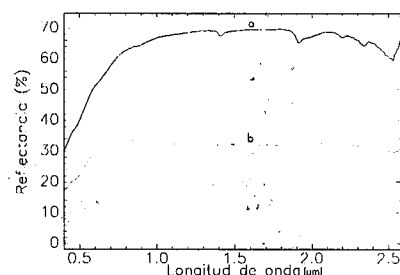


Fig. 3.- Curvas espectrales de unidades morfosedimentarias correspondientes al Pleistoceno inferior; a) espectro representativo correspondiente a muestras con un contenido alto de carbonato cálcico, b) espectro representativo de muestras con un contenido mínimo de carbonato cálcico.

Fig. 3.- Spectral curves from the lower Pleistocene morphosedimentary units, a) representative spectral curve corresponding to samples with a high content in calcium carbonate, b) representative curve from samples with minimum calcium carbonate content.

respecto a la edad relativa de las distintas unidades a las que pertenecen.

Características espectrales según la edad relativa

Para el estudio de las características espectrales según la edad relativa de las distintas unidades morfosedimentarias muestreadas, se parte de la hipótesis de que cuanto más reciente sea el sedimento de una unidad geomorfológica, menos procesos de transformación postsedimentaria han ocurrido, relacionados principalmente con la alteración de la composición mineralógica original del sedimento. Esta modificación de la composición mineralógica está ligada en muchos casos a la concentración de carbonatos en forma de encostamientos más o menos evolucionados y consolidados, tal como se ha puesto de manifiesto en el área de Albox, dentro de la zona de estudio (García-Meléndez, 2001). Como se verá en este trabajo, la hipótesis mencionada anteriormente no siempre se ve reflejada en las unidades morfosedimentarias, como consecuencia de las condiciones particulares de cada sector dentro de la zona de estudio. A continuación se describen las características espectrales y composicionales según la edad relativa de las unidades morfosedimentarias.

En primer lugar, las unidades correspondientes a la edad relativa Plioceno superior - Pleistoceno inferior, están caracterizadas por el desarrollo de formas ligadas a depósitos fluviales por una parte, y por la presencia de travertinos y tobas calcáreas. En la figura 2 se muestran dos curvas espectrales representativas de cada una de estas dos unidades. La curva espectral "a" de la figura 2 corresponde a un depósito travertínico del borde norte de la cuenca, en la Sierra de Las Estancias, en la que los rasgos de absorción más marcados corresponden a la presencia de carbonatos (el entorno de 2,3 y 2,5 μm), mientras que en la curva espectral "b", correspondiente a los depósitos fluviales de esta edad, se observa una forma con rasgos de absorción no tan marcados como en la curva anterior, con una inclinación constante entre el rasgo de absorción de 1,9 μm y el valor inicial en abscisas de 0,4 μm , y un menor desarrollo de los rasgos de absorción correspondientes a los carbonatos.

En cuanto a las muestras pertenecientes a unidades morfosedimentarias cartografiadas como del Pleistoceno inferior, se observan características variables en cuanto a los rasgos de absorción y reflectancia global. En la figura 3, se muestran dos curvas espectrales representativas de

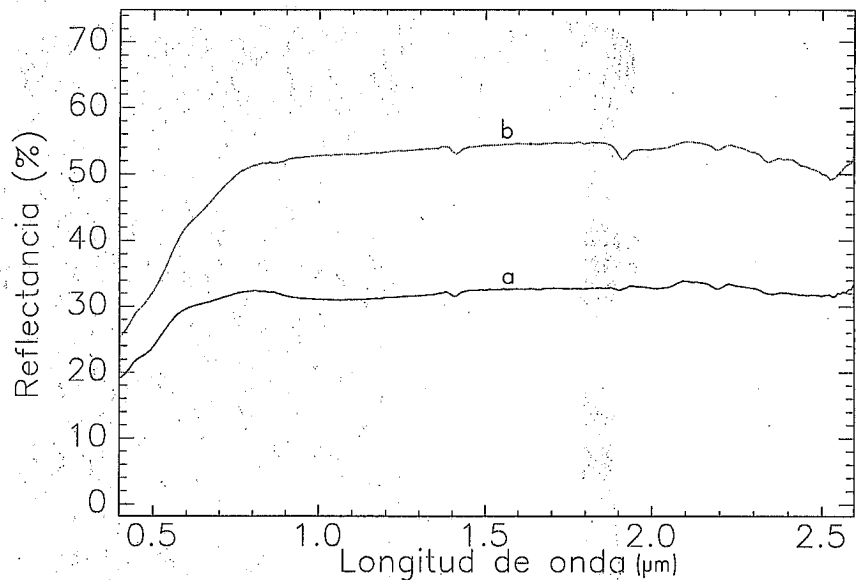


Fig. 4.- Curvas espectrales de unidades morfosedimentarias correspondientes al Pleistoceno inferior-medio; a) espectro representativo correspondiente a muestras con bajo contenido en carbonato cálcico y con presencia de óxidos de hierro, b) espectro representativo de muestras con un alto contenido en carbonato cálcico.

Fig. 4.- Spectral curves from the lower-medium Pleistocene morphosedimentary units, a) representative spectral curve corresponding to samples with a low content in calcium carbonate and presence of iron oxides, b) representative curve from samples with a higher calcium carbonate content.

la variabilidad que caracteriza a las unidades morfosedimentarias de esta edad. La curva espectral "a" corresponde a unidades localizadas en el borde norte de la cuenca de Huércal-Overa, con sedimentos con un contenido alto en carbonatos, como se aprecia por los marcados rasgos de absorción localizados en el entorno de 2,3 y 2,5 μm , además también muestra una reflectancia global elevada (entre el 60 y el 70 %). Por el contrario, la curva espectral "b", localizada más al oeste y alejada de área fuente carbonatada, muestra un gráfico más inexpresivo en cuanto a rasgos de absorción se refiere, y con una reflectancia global entorno al 30%.

Las características espectrales de las muestras correspondientes al Pleistoceno inferior-medio, también presentan variaciones en sus curvas espectrales y composición dependiendo de su localización. Así, se presentan dos tipos principales: por una parte están las muestras con espectros cuyos rasgos de absorción están poco desarrollados, y que presentan una baja reflectancia, y las muestras con rasgos de absorción algo más elevados y con una reflectancia global mayor. En la figura 4 aparecen dos espectros representativos de ambos tipos: el espectro "a" es casi plano, presentando una ancha banda de absorción en el entorno de 1 μm correspondiente a la presencia de hierro; el espectro "b" presenta rasgos de absorción en el entorno de 2,3 y 2,5 μm , correspondientes a los carbonatos.

En cuanto a los espectros de las muestras asignadas al Pleistoceno medio, presentan una reflectancia global variable, y gran parte de ellas un contenido en carbonatos superior al 30%, lo cual se refleja en las curvas espectrales en una reflectancia global mayor (figura 5a), y en la presencia de los rasgos de absorción típicos de los carbonatos (principalmente el de 2,5 μm).

Las características espectrales de las muestras correspondientes a las unidades morfosedimentarias de edades relativas a partir del Pleistoceno medio-superior presentan una tendencia a la baja con respecto tanto al contenido en carbonatos como a la reflectancia global (figura 5), así, la mayor parte de las muestras del Pleistoceno medio-superior presentan un contenido en carbonatos menor del 15 %, y la mayor parte de las correspondientes al Pleistoceno superior, Pleistoceno superior-Holoceno y Holoceno, menor del 10%. Sin embargo, existen excepciones con respecto a estas características generales, que están relacionadas con unidades morfosedimentarias en cuyas áreas fuente existen calizas y dolomías próximas, como corresponde por ejemplo al frente norte de la Sierra de Almagro.

Conclusiones

Tras el estudio realizado sobre la comparación de espectros con respecto a su edad relativa, se puede afirmar que, en

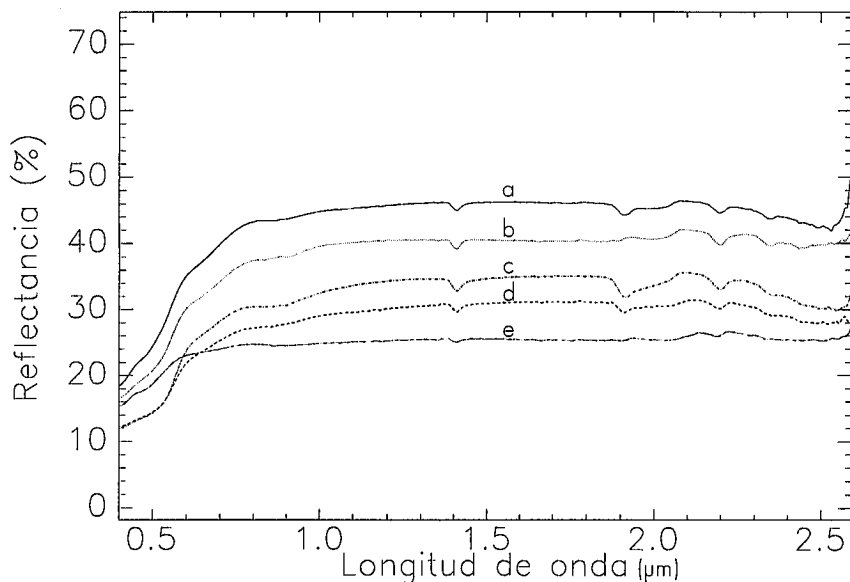


Fig. 5.- Curvas espectrales de muestras representativas de unidades morfosedimentarias correspondientes a: a) Pleistoceno medio, b) Pleistoceno medio-superior, c) Pleistoceno superior, d) Pleistoceno superior-Holoceno, y e) Holoceno.

Fig. 5.- Spectral curves from representative samples associated with morphosedimentary units corresponding to: a) middle Pleistocene, b) middle-late Pleistocene, c) late Pleistocene, d) late Pleistocene - Holocene, e) Holocene.

general, las muestras pertenecientes a las distintas unidades morfosedimentarias presentan una gran variabilidad en los rasgos de absorción y en la reflectancia global, por lo que a partir de lo expuesto se pueden establecer tendencias generales sobre la relación existente entre las curvas espectrales y la edad relativa de los sedimentos, de forma que un número apreciable de muestras tienen altos contenidos en carbonatos, que van disminuyendo conforme corresponden con sedimentos más recientes, lo cual se pone de manifiesto en los rasgos de absorción de las curvas espectrales. Así, se ha demostrado la existencia de una relación directa entre el contenido en carbonatos y la edad relativa en las unidades morfosedimentarias a partir del Pleistoceno medio (tal y como se observaba en la figura 5). No obstante, es necesario tener en cuenta las condiciones locales dentro de la zona de estudio, de manera que es muy probable que en unidades morfosedimentarias antiguas (Pleistoceno inferior y Pleistoceno inferior - medio) con escasa presencia de carbonatos, éstos hayan sido eliminados a lo largo del tiempo, quedando tan sólo una representación relicta de lo que fue en el pasado, originando en las curvas espectrales una representación casi idéntica a los sedimentos más recientes. Los espectros casi planos en unidades morfosedimentarias antiguas (pertenecientes al Pleistoceno inferior) que, por lo dicho anteriormente, deberían presentar rasgos de absorción correspondientes a

los carbonatos, se pueden explicar porque: a) a lo largo del Cuaternario desde que ocurrió la deposición no se han dado las condiciones favorables para la formación de carbonatos ni para la alteración de los componentes del sedimento; b) esas condiciones sí se dieron, pero debido a su actual posición morfológica lo que ha predominado (y predomina) es la eliminación de los materiales de su superficie debido a la escorrentía superficial, preferentemente de los materiales más finos producto de las alteraciones y neoformaciones de distintos minerales, dando una respuesta espectral similar a los sedimentos recientes.

Los estudios de reflectancia espectral de unidades sedimentarias del Cuaternario pueden de esta manera aportar nuevos criterios para su datación relativa que, junto a criterios puramente geomorfológicos, ayuden a la reconstrucción de las fases evolutivas del relieve de una zona determinada y a la correcta interpretación de las imágenes suministradas por los satélites de observación de la Tierra. Así, los resultados obtenidos, aunque claramente condicionados por variaciones locales, permiten generalizar dicha relación, de forma que se encuentra una clara vinculación entre la respuesta espectral y la cronología relativa en 5 de los 7 grupos de unidades morfosedimentarias correspondientes al Cuaternario, principalmente relacionada con el contenido en calcita.

Agradecimientos

Trabajo financiado por los proyectos BTE 2002-01691 y BTE 2002-01065 del Ministerio de Ciencia y Tecnología. Al Instituto Nacional de Cerámica y Vidrio (CSIC), especialmente a la Dra. Alicia Durán y a Fernando Agua por las facilidades y asistencia en el manejo del espectrofotómetro.

Referencias

- Agustí, J.; Oms, O.; Garcés, M. & Parés, J.M. (1997). *Quaternary International*, 40, 93-100.
- Baumgardner, M.F.; Stoner, E.R.; Silva, L.F. & Biehl, L.L. (1985). En: N. Brady (Ed), *Advances of Agronomy*, New York, Academic Press, 1-44.
- Beratan, K.K. & Anderson, R. (1998). *Int. J. Remote Sensing*, 19, nº 12: 2345-2359.
- Clark, R.N., King, T.V.V., Klejwa, M., Swayze, G.A., Vergo, N. (1990). *J. Geophys. Res.*, 95, 12653-12680.
- García-Meléndez, E. (2000). Tesis Doctoral, Universidad de Salamanca (inédita), 528 pp.
- García-Meléndez, E.; Suárez, M.; Rianza, A. (2000). En: *Remote Sensing in the 21st Century: Economic and environmental applications* (J.L. Casanova, ed.). Balkema, 497-500.
- García-Meléndez, E.; Suárez, M.; Rianza, A.; Ferrer-Julà, M.; Goy, J.L. & Zazo, C. (2001). En: *Teledetección, Medio Ambiente y Cambio Global* (J.I. Rosell & J.A. Martínez-Casasnovas, eds.). Universitat de Lleida, 302-305.
- García-Meléndez, E.; Ferrer-Julà, M.; Martín-Alfageme, S.; Goy, J.L.; Zazo, C.; Suárez, M. (2002). En: *Estudios recientes (2000-2002) en Geomorfología, Patrimonio, montaña y dinámica territorial* (E. Serrano, A. García de Celis, J.C. Guerra, C.G. Morales, & M.T. Ortega, eds.). Sociedad Española de Geomorfología - Universidad de Valladolid. 231-237.
- Goy, J.L.; Zazo, C.; Bardají, T.; Somoza, L.; Causse, C. & Hillaire-Marcel, C. (1993). *Geodinamica Acta*, 6-2, 103-119.
- Hunt, G.R., Salisbury, J.W. (1970). *Modern Geology*, 1, 283-300.
- Labrandero, J.L. (1978). Tesis Doctoral, Universidad Autónoma de Madrid.
- Shipman, H., Adams, J.B. (1987). *J. Geophysical Research*, 92, nº B10: 10391-10402.
- Silva, P.G. (1994). Tesis Doctoral, Universidad Complutense de Madrid (inédita), 642 pp.
- Weismiller, R.A.; Van Scoyoc, G.E.; Pazar, S.E.; Latz, K. & Baumgardner, M.F. (1983). En: *S.C.S. America* (Ed), *Soil Erosion and Conservation*, 12, S.C.S., 119-126.
- Wenzens, G. (1992). *Z. Geomorph. N.F. Suppl.-Bd.*, 84, 173-184.