



COMENTARIO AL ARTÍCULO “EL COMPLEJO OLISTOSTRÓMICO DEL MIOCENO DE LA CUENCA DEL RÍO GUADALQUIVIR (SO DE ESPAÑA)” de Martínez del Olmo, W. (2019): *Revista de la Sociedad Geológica de España*, 32 (2): 3-16

Fernando Pérez-Valera¹, Mario Sánchez-Gómez² y Alberto Pérez-López^{3,4}

¹*Departamento de Ciencias de la Tierra y del Medio Ambiente, Facultad de Ciencias, Universidad de Alicante. San Vicente del Raspeig, s/n, Alicante, fperez@ua.es*

²*Departamento de Geología, Facultad de Ciencias Experimentales, Universidad de Jaén. Campus Las Lagunillas s/n, Jaén. msgomez@ujaen.es*

³*Departamento de Estratigrafía y Paleontología, Facultad de Ciencias, Universidad de Granada. Avda Fuentenueva s/n. Granada. aperezl@ugr.es*

⁴*Instituto Andaluz de Ciencias de la Tierra, CSIC-Universidad de Granada, Armilla*

Pérez-Valera, F., Sánchez-Gómez, M., Pérez-López, A., 2020. Comentario al artículo “El complejo olistostrómico del Mioceno de la Cuenca del Río Guadalquivir (SO de España)” de Martínez del Olmo, W. (2019): *Revista de la Sociedad Geológica de España*, 32 (2): 3-16. *Revista de la Sociedad Geológica de España*, 33 (2): 63-68.

Martínez del Olmo (2019) realiza en este artículo una revisión sobre la estructuración y evolución sedimentaria de la Cuenca del Guadalquivir durante el Mioceno superior, partiendo de una exhaustiva recopilación bibliográfica y, sobre todo, del análisis e interpretación de los diversos y dispares datos sísmicos disponibles de las campañas de exploración de hidrocarburos, los cuales presentan una distribución muy desigual, con procesados y calidades muy diferentes. A pesar de que existe unanimidad en considerar la Cuenca del Guadalquivir como la cuenca de antepaís de la Cordillera Bética, ésta sigue siendo un lugar de controversias geológicas, con hipótesis muy dispares sobre su formación y evolución geológica (e. g., Perconig, 1960-62; Roldán, 1995; Flinch *et al.*, 1996; Berástegui *et al.*, 1998; Rodríguez-Fernández *et al.*, 2013; Pérez-Valera *et al.*, 2017; Flinch y Soto, 2017; Martínez del Olmo, 2018, 2019; Pedrera *et al.*, 2020). Es por esta razón por lo que un trabajo de este tipo es encomiable, al intentar poner orden de una forma comprensible sobre una heterogénea colección de fuentes de información.

El trabajo de Martínez del Olmo (2019) presenta como objetivo formal, de manera principal, la descripción geológica de la Cuenca del Guadalquivir en el sentido más amplio, y para ello asume sin discusión la hipótesis generalmente admitida del emplazamiento sedimentario de grandes deslizamientos gravitacionales de materiales de

procedencia subbética en el margen sur de la Cuenca del Guadalquivir (Unidad Olistostrómica o simplemente “olistostroma”). Como aportación novedosa, define la existencia de tres fases de formación del “olistostroma” durante el Mioceno superior, deducidas de la información sísmica. La existencia de olistostromas en el Guadalquivir es un lugar común basado en la solución cartográfica dada a amplios sectores de la cuenca, donde la complejidad intrínseca de los materiales (abundancia de brechas, evaporitas y materiales arcillosos junto con bloques dispersos de carbonatos) y las malas condiciones de afloramiento, pueden inducir a una simplificación de las relaciones geométricas de las unidades geológicas y, por tanto, del resultado cartográfico. Además, la idea del “olistostroma” se ha seguido sin criticismo en la interpretación de las líneas sísmicas, apoyadas o no por sondeos que, en cualquier caso, y como afirma el propio Martínez del Olmo (2019), proporcionan datos poco precisos para definir su naturaleza. A pesar de ello, Martínez del Olmo (2019) describe con mucho detalle la estratigrafía y estructura del relleno de toda la Cuenca del Guadalquivir, y centra la discusión del trabajo principalmente en la incertidumbre existente en los procesos relacionados con el emplazamiento del “olistostroma”. De hecho, admite que “persisten dudas razonables sobre las causas que produjeron los deslizamientos olistostrómicos, su zona de origen, la velocidad de traslación y la corre-



lación con sus afloramientos meridionales” y concluye el artículo indicando que sería necesaria “una revisión geológica de los afloramientos” que “podría ayudar a resolver muchas de las dudas planteadas” en su trabajo.

Tras estas afirmaciones es sorprendente que en la revisión bibliográfica del artículo objeto de este comentario, no se haya mencionado ni discutido la publicación de un exhaustivo trabajo de campo en una amplia zona de la Cuenca del Guadalquivir (sector 4: Alto Guadalquivir de Martínez del Olmo, 2019), donde precisamente se correlacionan las observaciones geológicas de los afloramientos con la información de las líneas sísmicas (Pérez-Valera *et al.*, 2017). En este trabajo se aportan datos estratigráficos, estructurales y geofísicos de este sector del Alto Guadalquivir, que son coherentes con la existencia de un prisma de acreción de carácter transpresivo y una fuerte compo-

nente transcurrente, que denominan Complejo Acrecional del Guadalquivir. En dicha publicación también se discute ampliamente la existencia de depósitos gravitacionales de tipo olistostrómico, que no serían compatibles con el nuevo marco estratigráfico y estructural propuesto. Este enfoque alternativo a la hipótesis olistostrómica, permite dar explicación a muchos de los problemas que Martínez del Olmo (2019) plantea razonablemente en su trabajo, a la vez que explora una vía alternativa que puede mejorar el conocimiento sobre este sector clave en el orógeno Bético-Rifeño.

En el margen sur de la Cuenca del Guadalquivir, coincidiendo con el dominio donde se localiza el “olistostroma en afloramiento” (Martínez del Olmo, 2019), se encuentran unas unidades geológicas con edades comprendidas entre el Triásico y el Paleógeno, con una estratigrafía afín a las

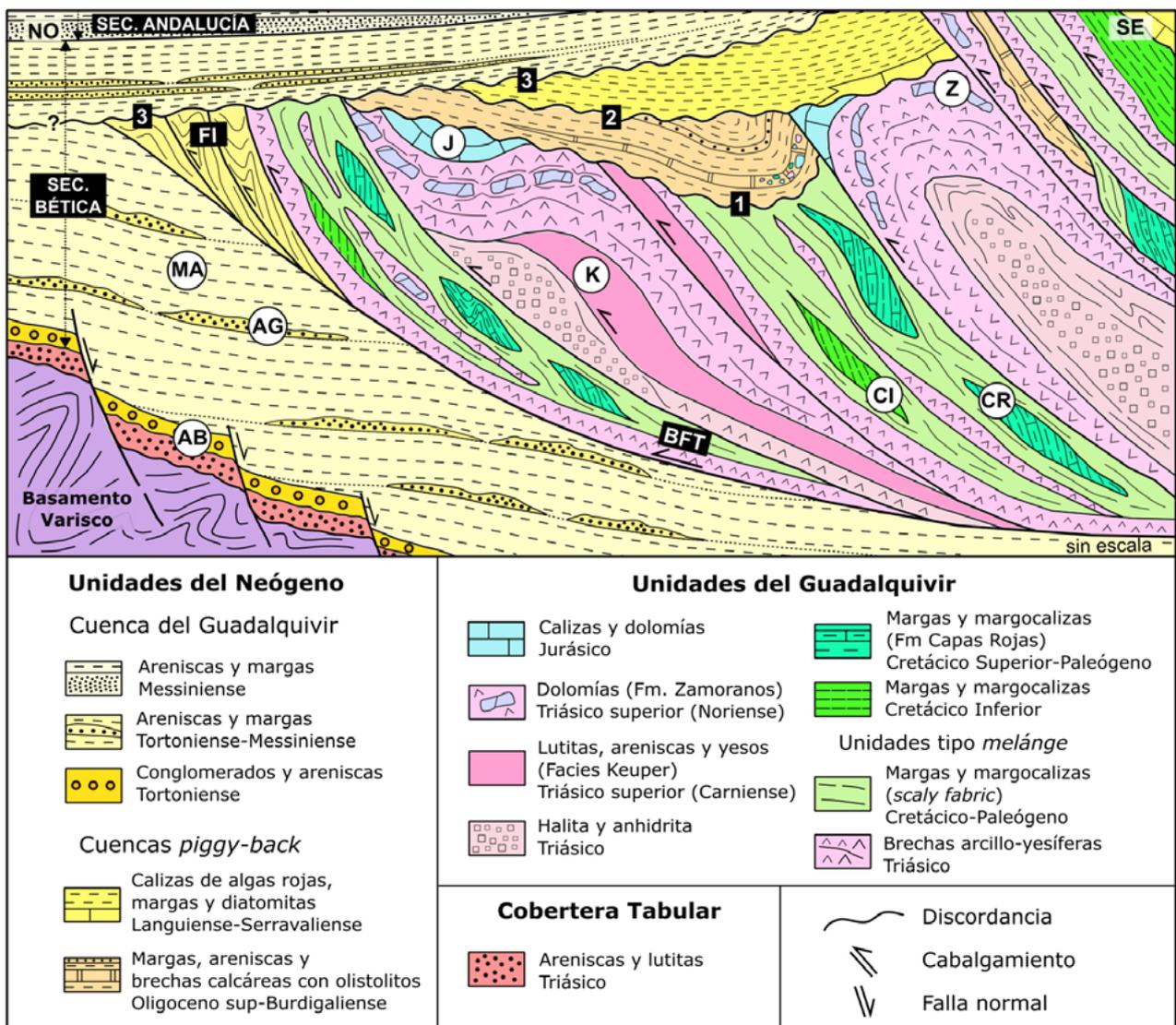


Fig. 1.- Modelo conceptual de relaciones entre las Unidades del Guadalquivir y las unidades del relleno autóctono de la Cuenca del Guadalquivir, basado en datos de campo, perfiles de sísmica de reflexión y sondeos. Sin escala. Modificado de Pérez-Valera *et al.*, (2017). Estratigrafía y nomenclatura de las unidades autóctonas de la cuenca del Guadalquivir según Riaza y Martínez del Olmo (1996), representadas por la Secuencia Bética completa y la parte inferior de la Secuencia Andaluca. BFT: *Betic Floor Thrust*, FI: *Frontal Imbricates*, K: Grupo Keuper de Jaén, Z: Fm Zamoranos, J: Jurásico, CI: Cretácico Inferior, CR: Fm Capas Rojas, AB: Arenas de Base, AG: Arenas del Guadalquivir, MA: Margas Azules. 1, 2 y 3: discontinuidades.

unidades subbéticas y denominadas de muy diversas formas: Manto de Carmona, (Perconig, 1960-62); Complejo Subbético Frontal (Baena, 1973); Unidades del Guadalquivir (García-Rossell, 1972); Manto de Antequera-Osuna (Cruz-Sanjulián, 1974); Complejo Tectosedimentario del Guadalquivir (Bourgeois, 1978); Unidad Olistostromática (Roldán y García-Cortés, 1988; Roldán, 1995; Rodríguez-Fernández *et al.*, 2013); Complejo Olistostromático Subbético (Pérez-López y Sanz de Galdeano, 1994); Complejo Olistostromático del Guadalquivir (Vera y Martín-Algarra, 2004); Olistostroma (Martínez del Olmo y Martín, 2016; Martínez del Olmo, 2019). El alto grado de deformación y heterogeneidad que muestran y la presencia de cuerpos brechoides, tanto evaporíticos como arcillosos, hace difícil, en ocasiones, su diferenciación individual a escala de afloramiento, por lo que Pérez-Valera *et al.*, (2017) prefieren denominarlas genéricamente como Unidades del Guadalquivir, siguiendo la nomenclatura de García-Rossell (1972), que excluye cualquier adjetivo de connotación genética. Junto con las Unidades del Guadalquivir, dos secuencias neógenas de cuencas *piggy-back* (Oligoceno sup.-Burdigaliense y Langhiense?-Serravaliense) desarrolladas sobre las Unidades del Guadalquivir y diferenciables cartográficamente, se encuentran implicadas en la estructuración de este sector (Pérez-Valera *et al.*, 2013, 2017) (Fig. 1). Las Unidades del Guadalquivir, aunque afloran mal en amplios sectores, pueden examinarse con detalle en los numerosos barrancos y cárcavas que se están produciendo en la cuenca (Fernández *et al.*, 2020), mostrando una absoluta ausencia de facies y características propias de elementos resedimentados en una cuenca profunda, como por ejemplo: depósitos clásticos organizados o caóticos sobre sedimentos autóctonos de cuenca, avalanchas y caídas de bloques, *slumps*, brechas intraformacionales, deslizamientos coherentes o incoherentes, etc., (e. g., Hoedemaker, 1973, Festa *et al.*, 2015), sí visibles en las secuencias de cuencas *piggy-back*, particularmente en la inferior (Oligoceno sup.-Burdigaliense) (Fig. 1). Por el contrario, en las Unidades del Guadalquivir, el rasgo más notable es la presencia de grandes bloques y sucesiones de unidades mesozoicas y cenozoicas de afinidad subbética reconocibles (Fig. 1) que se encuentran junto con unidades altamente deformadas en zonas de cizalla dúctil-frágiles (de tipo *mélange* en el sentido descriptivo del término, Festa *et al.*, 2012) que muestran un catálogo completo de estructuras de deformación a escala mesoscópica (Fig. 1). Estas unidades de tipo *mélange* varían entre brechas cataclásticas generadas sobre litologías frágiles (margas y margocalizas del Cretácico Superior-Paleógeno) y tectonitas-S y -L sobre evaporitas dúctiles pertenecientes al Triásico, incluyendo términos intermedios como cataclasitas foliadas. Los indicadores cinemáticos son muy frecuentes y patentes en los materiales yesíferos del Triásico (pliegues en vaina, lineación de estiramiento, fibras de yeso en planos, fábricas plano-lineares) los cuales desarrollan una foliación cuyo origen tectónico es evidenciado por el boudinage de niveles competentes (carbonatos o areniscas) a micro y mesoescala, que además presentan sombras de presión con crecimiento de fibras de yeso. Estas mismas estructuras han sido descritas

en diversos sectores de la Cordillera Bética, desde diapiros (Rondeel y van der Gaag, 1986; De Ruig, 1996; Pérez-Valera, 2005); hasta zonas de falla de salto en dirección (De Smet, 1984; Sanz de Galdeano *et al.*, 2006; Pérez-Valera *et al.*, 2010, 2011) o cinturones de pliegues y cabalgamientos (Pedrera *et al.*, 2012; García *et al.*, 2016a).

A partir del estudio sistemático de las fábricas tectónicas, realizado en 53 estaciones de medición en una amplia región del Alto Guadalquivir (Pérez-Valera *et al.*, 2017), se ha deducido, para las Unidades del Guadalquivir, la existencia de dominios estructurales con presencia de estructuras arqueadas de cabalgamientos N-S a NNE-SSW, limitados por amplias zonas de transferencia dextras WNW-ESE, cuya cinemática es consistente con el movimiento de todo el conjunto hacia el WNW (290°) en un contexto transpresivo altamente oblicuo. La integración de estos datos de superficie con la información procedente de la sísmica permite interpretar que las Unidades del Guadalquivir, junto con las secuencias neógenas, forman un prisma acrecional en el frente de deformación de la Cordillera Bética con la Cuenca del Guadalquivir (Complejo Acrecional del Guadalquivir), con avance hacia el WNW sobre un cabalgamiento basal (*Betic Floor Thrust* de Guézou *et al.*, 1991), y cuyo emplazamiento final tiene lugar en el Tortoniense (Pérez-Valera *et al.*, 2017) (Fig. 1). En este contexto parece difícil integrar la existencia de un "olistostroma" como unidad sedimentaria que forme parte del relleno de la Cuenca del Guadalquivir, dentro de la Secuencia Bética (Martínez del Olmo, 2019).

Respecto al análisis e interpretación de los perfiles sísmicos presentados por Martínez del Olmo (2019), llama la atención que una mayoría de ellos indican que las superficies basales de los supuestos deslizamientos buzanan hacia el sureste, esto es, hacia la Cordillera Bética, de forma contraria a la que cabría suponer si fueran deslizamientos gravitacionales. En el resto de los perfiles, las propias hipérbolas del procesado impiden ver con claridad la superficie basal o bien ésta es subparalela a las unidades inferiores. Para explicar esta inclinación, Martínez del Olmo (2019) propone un basculamiento de las cizallas basales de los deslizamientos con posterioridad al proceso gravitacional, lo que podría conducir a la "confusión con cabalgamientos tardíos". También lo atribuye, directamente, a la existencia de cabalgamientos "post-olistostroma", aun cuando no llegaran a afectar a las unidades gravitacionales (cabalgamientos ciegos según Motis y Martínez del Olmo, 2012). Sin embargo, una solución viable, más sencilla y que concuerda con estas observaciones, sería considerar estos cuerpos buzantes hacia la cordillera, que son ciertamente anómalos en un contexto de deslizamientos gravitacionales, como pertenecientes a una unidad tectónica frontal que se desplaza sobre un cabalgamiento basal, formando un complejo acrecional de unidades subbéticas, como se interpreta en Flinch *et al.* (1996), Berástegui *et al.*, (1998) o Pérez-Valera *et al.* (2017). En este punto, la existencia de "un mínimo de tres episodios de deslizamiento gravitacional" que propone Martínez del Olmo (2019), que se interpreta a partir de líneas sísmicas de calidad heterogénea y sin control de sondeos, es difícilmente justificable, habida cuenta de los

propios problemas que el autor plantea, como por ejemplo: la existencia de “distintos patrones de apilamiento” sin explicación, las diferencias en la longitud o espesor alcanzado por cada fase de deslizamiento según los sectores, o la desaparición de esa diferenciación en el Alto Guadalquivir donde, según el autor, existiría “una última y más compleja masa olistostromática”. Además, autores como Berástegui *et al.* (1998) interpretan como imbricaciones tectónicas frontales las “interdigitaciones” entre los “episodios de deslizamiento” que describe Martínez del Olmo (2019) sobre el mismo perfil sísmico (S81-60).

Resumiendo, al considerar la existencia de un prisma de acreción en lugar de un depósito sedimentario de origen gravitacional, algunos puntos de la discusión que plantea Martínez del Olmo (2019) podrían tener respuesta, mientras que otros tendrían que reconsiderarse. En concreto, la “exacta definición de superficies basales” (punto 3), la existencia de “cizallas basales que cortan a las unidades olistostromáticas” (punto 6) o la “no deformación del Mioceno inmediato al frente de los deslizamientos” (punto 7) se explican fácilmente con la interpretación de un sistema acrecional tectónico, cuyo avance se produce a partir de un cabalgamiento basal del cual parten los demás cabalgamientos, en un sistema clásico de prisma acrecional (p. ej., Davis *et al.*, 1983; Gutscher *et al.*, 1998). En cuanto a la existencia de “cabalgamientos ciegos” en el Alto Guadalquivir (punto 8), hay que destacar que, sin descartar la posibilidad de que existan, la presencia de cabalgamientos en superficie es manifiesta y relativamente abundante en el sector, pudiendo ser, incluso, caracterizados mediante criterios cinemáticos (Pérez-Valera *et al.*, 2017; Sánchez-Gómez y Pérez-Valera, 2018). Por otro lado, la discusión acerca de la “datación de los sedimentos miocenos entre o bajo las masas olistostromáticas” (punto 1), el “acontecimiento desestabilizador del proceso olistostromático” (punto 2) o la “velocidad de traslación de los olistostromas” (punto 4), tendría que replantearse si se considera que no existen tales y que el proceso es esencialmente tectónico. Sobre estas últimas cuestiones, Pérez-Valera *et al.* (2017) ofrecen una interpretación sobre el Complejo Acrecional del Guadalquivir que daría respuesta al origen, mecanismo y edad del emplazamiento de las Unidades del Guadalquivir, acorde con los nuevos datos estratigráficos, tectónicos y geofísicos aportados.

Finalmente, aunque el estudio principal referido en este comentario se ha realizado en la comarca del Alto Guadalquivir (Pérez-Valera *et al.*, 2017), existen evidencias geológicas de que las Unidades del Guadalquivir mantienen características similares en afloramiento a lo largo de todo el curso del actual Guadalquivir (Pedrera *et al.*, 2012; García *et al.*, 2016b), aunque con una cinemática menos oblicua, sobre todo en la parte más frontal del Arco de Gibraltar. En relación con el dominio equivalente a las Unidades del Guadalquivir *offshore*, existe una amplia bibliografía donde se describe la existencia de un complejo de acreción tectónico en el Golfo de Cádiz junto con procesos de deslizamientos gravitacionales y “olistostromas” (*Giant Chaotic Body*, Torelli *et al.*, 1997; Gràcia *et al.*, 2003; *Horseshoe Gravitational Unit*, Iribarren *et al.*, 2007; “*Torto-*

nian olistostrome”, Gutscher *et al.*, 2009), desarrollados en su parte más occidental y lejana al frente de deformación (*Horseshoe Abyssal Plain*). Sin embargo, la mayoría de autores distinguen un prisma acrecional tectónico en el frente del Arco de Gibraltar, visible en las líneas sísmicas y denominado también de diferentes formas (*Guadalquivir Allochthon*: Flinch *et al.*, 1996; Daudet *et al.*, 2020; *Guadalquivir Allochthonous Unit*: Berástegui *et al.*, 1998; Gràcia *et al.*, 2003; *Allochthonous Unit of Gulf of Cádiz*, Medialdea *et al.*, 2004; *Gulf of Cádiz Accretionary Wedge*: Gutscher *et al.*, 2002; 2009; Iribarren *et al.*, 2007; *Gulf of Cádiz Imbricate Wedge*: Ramos *et al.*, 2017). En conclusión, parece razonable que el complejo de acreción presente en el Golfo de Cádiz sea el equivalente *offshore* del Complejo Acrecional del Guadalquivir descrito por Pérez-Valera *et al.* (2017), conectando con la parte aflorante de las Unidades del Guadalquivir.

Por tanto, y teniendo en cuenta todas las consideraciones descritas anteriormente, el trabajo escrito por Martínez del Olmo (2019), aun cuando supone un importante esfuerzo en sintetizar e interpretar gran cantidad de datos sísmicos y bibliográficos de la Cuenca del Guadalquivir, parte de una premisa (“hipótesis olistostromática”) que no es discutida ni contrastada, sino simplemente admitida, a pesar de que puede llegar a plantear más incógnitas que certezas para el propio autor. No obstante, el modelo expuesto por Martínez del Olmo (2019) aborda cuestiones clave para el conocimiento de la Cuenca del Guadalquivir, cuyas lagunas quedarían prácticamente resueltas si se admite la naturaleza esencialmente tectónica de las unidades que se distinguen en las líneas sísmicas, interpretadas como olistostromáticas. La lectura de su trabajo considerando la premisa de la existencia de un “complejo acrecional tectónico”, contribuiría a mejorar la comprensión de la arquitectura del relleno sedimentario y de la evolución tectónica de la Cuenca del Guadalquivir.

Agradecimientos

La presente investigación está financiada por el proyecto PGC2018-100914-B-I00. Los autores agradecen los comentarios de Juan Carlos Balanyá y un revisor anónimo, que han mejorado sustancialmente el manuscrito.

Referencias

- Baena, J., 1973. *Mapa Geológico de España 1:50 000, hoja n° 910 (Caravaca de la Cruz)*. Ministerio Industria. IGME. Madrid.
- Berástegui, X., Banks, C. J., Puig, C., Taberner, C., Waltham, D., Fernández, M., 1998. Lateral diapiric emplacement of Triassic evaporites at the southern margin of the Guadalquivir Basin, Spain. En: *Cenozoic Foreland Basins of Western Europe*, (A. Mascle, C. Puigdefàbregas, H.P. Luterbacher, M. Fernández, Eds). Geological Society, London, Special Publication, 134: 49–68.
- Bourgeois, J., 1978, La transversale de Ronda, Cordillères Bétiqques, Espagne, Données géologiques pour un modèle d'évolution de l'Arc de Gibraltar. Tesis Doctoral, Annales Scientifiques de l'Université de Besançon, Géologie, 3e série, 30: 445 p

- Cruz-Sanjulián, J., 1974. Estudio geológico del sector Cañete la Real, Teba, Osuna. Tesis doctoral, Univ. de Granada: 431 p.
- Daudet, M., Mouthereau, F., Bricchau, S., Crespo-Blanc, A., Gautheron, C., Angrand, P., 2020. Tectono-stratigraphic and thermal evolution of the western Betic flysch: implications for the geodynamics of South Iberian margin and Alboran Domain. *Tectonics*, e2020TC006093.
- Davis, D., Suppe, J., Dahlen, F. A., 1983. Mechanics of fold-and-thrust belts and accretionary wedges. *Journal of Geophysical Research*, 88 (B2): 1153–1172.
- De Ruig, M. J., 1996. Extensional diapirism in the eastern Prebetic foldbelt, southeastern Spain. AAPG Memoir 65.
- De Smet, M. E. M., 1984. Wrenching in the external zone of the Betic Cordilleras, southern Spain. *Tectonophysics*, 107 (1-2): 57-79.
- Fernández, T., Pérez-García, J. L., Gómez-López, J. M., Cardenal, J., Calero, J., Sánchez-Gómez, M., Tovar-Pescador, J. (2020). Multitemporal analysis of gully erosion in olive groves by means of digital elevation models obtained with aerial photogrammetric and lidar data. *ISPRS International Journal of Geo-Information*, 9(4): 260.
- Festa, A., Dilek, Y., Pini, G. A., Codegone, G., Ogata, K., 2012. Mechanisms and processes of stratal disruption and mixing in the development of mélanges and broken formations: Redefining and classifying mélanges. *Tectonophysics*, 568-569: 7-24
- Festa, A., Ogata K., Pini G. A., Dilek Y., Codegone, G., 2015. Late Oligocene-early Miocene olistostromes (sedimentary mélanges) as tectono-stratigraphic constraints to the geodynamic evolution of the exhumed Ligurian accretionary complex (Northern Apennines, NW Italy). *International Geology Review*, 57(5–8): 540–562
- Flinch, J.F., Bally, A.W., Wu, S., 1996. Emplacement of a passive margin evaporitic allochthon in the Betic Cordillera in Spain. *Geology*, 24: 67-70.
- Flinch, J. F., Soto, J. I., 2017. Allochthonous Triassic and Salt Tectonic Processes in the Betic-Rif Orogenic Arc. En: *Permo-Triassic Salt Provinces of Europe, North Africa and the Atlantic Margins*: 417-446.
- García, R., Jiménez Bonilla, A., Díaz Azpiroz, M., Pérez-Valera, F., Balanyá, J. C., Expósito, I., 2016a. Kinematics and geomorphology of the Algodonales-Badolatosa shear zone at the fold-and-thrust belt of the western Subbetics. *Geotemas*, 16 (2): 557-560.
- García, R., Jiménez Bonilla, A., Díaz Azpiroz, M., Rodríguez-Rodríguez, M., Pérez-Valera, F., 2016b. Structural controls on the development of the drainage system in the Triassic gypsum-rich formations of the western Subbetics (El Pontón stream, Badolatosa, Sevilla). *Geotemas*, 16 (2): 89-92.
- García-Rossell, L., 1972. Estudio geológico de la transversal Úbeda-Huelma y sectores adyacentes. Cordilleras Béticas (Provincia de Jaén). Tesis Doctoral, Univ. Granada: 550 p.
- Gràcia, E., Danobeitia, J., Vergés, J., Bartolomé, R., Córdoba, D., 2003. Crustal architecture and tectonic evolution of the Gulf of Cadiz (SW Iberian margin) at the convergence of the Eurasian and African plates. *Tectonics*, 22(4), 1033-1057.
- Guézou, J. C., Frizon De Lamotte, D., Coulon, M., Morel, J. L., 1991. Structure and kinematics of the Prebetic nappe complex (southern Spain): Definition of a “Betic Floor Thrust” and implications in the Betic-Rif orocline. *Annales Tectonicae*, 5(1): 32–48.
- Gutscher, M. A., Kukowski, N., Malavieille, J., Lallemand, S., 1998. Episodic imbricate thrusting and underthrusting: Analog experiments and mechanical analysis applied to the Alaskan accretionary wedge. *Journal of Geophysical Research: Solid Earth*, 103(B5): 10161-10176.
- Gutscher, M. A., Malod, J., Rehault, J.-P., Contrucci, I., Klingelhoefer, F., Mendes-Victor, L., Spakman, W., 2002. Evidence for active subduction beneath Gibraltar. *Geology*, 30: 1071-1074.
- Gutscher, M. A., Dominguez, S., Westbrook, G. K., Leroy, P., 2009. Deep structure, recent deformation and analog modeling of the Gulf of Cadiz accretionary wedge: Implications for the 1755 Lisbon earthquake. *Tectonophysics*, 475(1): 85–97.
- Hoedemaker, Ph.J., 1973. Olistostromes and other delapsional deposits, and their occurrence in the region of Moratalla (Province of Murcia, Spain). *Scripta Geologica*, 19: 1-197.
- Iribarren, L., Vergés, J., Camurri, F., Fulla, J., Fernandez, M., 2007. The structure of the Atlantic–Mediterranean transition zone from the Alboran Sea to the Horseshoe Abyssal Plain (Iberia–Africa plate boundary). *Marine Geology*, 243(1-4): 97-119.
- Martínez del Olmo, W., 2018. Modalidades y fases de deformación de la Cordillera Bética y su entorno próximo (España): problemas no resueltos. *Revista de la Sociedad Geológica de España*, 31 (1): 49-66.
- Martínez del Olmo, W., 2019. El complejo olistostromático del Mioceno de la Cuenca del Río Guadalquivir (SO de España). *Revista de la Sociedad Geológica de España*, 32 (2): 3-16.
- Martínez del Olmo, W., Martín, D., 2016. El Neógeno de la cuenca Guadalquivir-Cádiz (Sur de España). *Revista de la Sociedad Geológica de España*, 29 (1): 35-58.
- Medialdea, T., Vegas, R., Somoza, L., Vázquez, J. T., Maldonado, A., Díaz del Río, V., Maestro, A., Córdoba, D., Fernández-Puga, M. C., 2004. Structure and evolution of the “Olistostrome” complex of the Gibraltar Arc in the Gulf of Cádiz (eastern Central Atlantic): Evidence from two long seismic cross-sections. *Marine Geology*, 209 (1–4): 173–198.
- Motis, K., Martínez del Olmo, W., 2012. Los cabalgamientos ciegos del Alto Guadalquivir (Provincia de Jaén). *Geotemas*, 14: 1-4.
- Pedreira, A., Marín-Lechado, C., Martos-Rosillo, S., Roldán, F. J., 2012. Curved fold-and-thrust accretion during the extrusion of a synorogenic viscous allochthonous sheet: The Estepa Range (External Zones, Western Betic Cordillera, Spain). *Tectonics*, 31, doi:10.1029/2012TC003119
- Pedreira, A., Ruiz-Constán, A., García-Senz, J., Azor, A., Marín-Lechado, C., Ayala, C., Díaz de Neira, J. A., Rodríguez-Fernández, L. R., 2020. Evolution of the South-Iberian paleomargin: From hyperextension to continental subduction. *Journal of Structural Geology*: 138.
- Perconig, E., 1960-1962. Sur la constitution géologique de l'Andalousie occidentale en particulier du bassin du Guadalquivir, Espagne méridionale. En: *Livre à la mémoire du Prof. P. Fallot*, Société Géologique de France, 1: 229-256.
- Pérez-López, A., Sanz de Galdeano, C., 1994. Tectónica de los materiales triásicos en el sector central de la Zona Subbética (Cordillera Bética). *Revista de la Sociedad Geológica de España*, 7 (1): 141-153.
- Pérez-Valera, F., 2005. *Estratigrafía y tectónica del Triásico Sudibérico en el sector oriental de la Cordillera Bética*, Tesis Doctoral, Univ. de Granada: 301 p.
- Pérez-Valera, F., Sánchez-Gómez, M., Pérez-Valera, L. A., Pérez-López, A., 2010. Deformación en yesos del Triásico en el sector oriental de la Falla de Socovos (sureste de España). *Geogaceta*. 48: 211-214.
- Pérez-Valera, F., Sánchez-Gómez, M., Pérez-Valera, L. A., 2011. From salt diapirs to strike-slip tectonic push-up structures: outcropping examples from the Triassic evaporites of the Betic Cordillera (southeast Spain), *MAPG-AAPG 2nd International convention, conference and exhibition*, Marrakech, abstract book.

- Pérez-Valera, F., Pérez-Valera, L. A., Sánchez-Gómez, M., Serrano Lozano, F., García-García, F., Pérez-Valera, J. A., 2013. Early-middle Miocene piggyback basins in the north Betic front (South of Spain). En: *VRCONS Congress Abstract Book* (M. Abad, T. Izquierdo, F. Ruiz, eds): 43
- Pérez-Valera, F., Sánchez-Gómez, M., Pérez-López, A., Pérez-Valera, L. A., 2017. An evaporite-bearing accretionary complex in the northern front of the Betic-Rif orogen. *Tectonics*, 36, doi:10.1002/2016TC004414
- Ramos, A., Fernández, O., Terrinha, P., Muñoz, J. A., 2017. Neogene to recent contraction and basin inversion along the Nubia-Iberia boundary in SW Iberia. *Tectonics*, 36: 257–286.
- Riaza, C., Martínez del Olmo, W., 1996. Depositional model of the Guadalquivir-Gulf of Cadiz Tertiary basin. En: *Tertiary basins of Spain, the stratigraphic record of crustal kinematics*, (P. Friend, C. Dabrio, Eds). Cambridge University: 330- 338.
- Rodríguez-Fernández, J., Roldán, F.J., Azañón, J.M., García-Cortés, A., 2013. El colapso gravitacional del frente orogénico alpino en el Dominio Subbético durante el Mioceno medio-superior: El Complejo Extensional Subbético. *Boletín Geológico y Minero*, 124 (3): 477-504.
- Roldán, F.J., 1995. Evolución neógena de la Cuenca del Guadalquivir. Tesis Doctoral, Univ. Granada: 259 p.
- Roldán, F.J., García Cortés, A., 1988. Implicaciones de materiales triásicos en la Depresión del Guadalquivir, Cordilleras Béticas (Provincias de Córdoba y Jaén). *II Congreso Geológico de España, Granada, Comunicaciones*, 1: 189-192.
- Rondeel, H. E., van der Gaag, P. A., 1986. A two-stage diapiric event in the eastern Prebetic. *Estudios Geológicos*, 42 (2-3): 117-126.
- Sánchez-Gómez, M., Pérez-Valera, F., 2018. Evidencias de tectónica reciente (Pleistoceno Superior) en el límite de la Cordillera Bética con la Cuenca del Guadalquivir (provincia de Jaén). En: *Tercera reunión ibérica sobre fallas activas y paleosismología* (C. Canora, F. Martín, E. Masana, R. Pérez y M. Ortuño, Eds.), Alicante (España): 107-110.
- Sanz de Galdeano, C., Galindo-Zaldívar, J., López-Garrido, A. C., Alfaro, P., Pérez-Valera, F., Pérez-López, A., García-Tortosa, F. J., 2006. La falla de Tíscar: su significado en la terminación sudoeste del arco Prebético. *Revista de la Sociedad Geológica de España*, 19 (3-4): 271-280.
- Torelli, L., Sartori, R., Zitellini, N., 1997. The giant chaotic body in the Atlantic Ocean off Gibraltar: new results from a deep seismic reflection survey. *Marine and Petroleum Geology*, 14(2): 125-138.
- Vera, J.A., Martín-Algarra, A., 2004. Cordillera Bética y Baleares. Divisiones mayores y nomenclatura. En: *Geología de España*, (J.A. Vera, Ed). Sociedad Geológica de España-Instituto Geológico y Minero, Madrid: 348-350.

MANUSCRITO RECIBIDO EL: 21-07-2020

RECIBIDA LA REVISIÓN EL: 28-09-2020

ACEPTADO EL MANUSCRITO REVISADO EL: 05-10-2020