

El patrimonio natural y de la humanidad del sur de España: sus valores didácticos para las ciencias

The natural and world heritage of southern Spain: their didactic values for the sciences

Fernando Barroso-Barcenilla^{1,2}. Pedro Callapez³. Manuel Segura¹.

¹ Grupo de Investigación IberCreta. Facultad de Ciencias. Universidad de Alcalá de Henares. 28871 Alcalá de Henares, España.

² Grupo de Investigación Eventos Bióticos Mesozoicos. Facultad de Ciencias Geológicas. Universidad Complutense de Madrid. 28040 Madrid, España.

³ Departamento de Ciências da Terra. Faculdade de Ciências. Universidade de Coimbra. 3000-272 Coimbra, Portugal.
fbarroso@geo.ucm.es

Resumen: El itinerario didáctico propuesto permite descubrir en 7 días numerosos parajes Patrimonio Natural del Sur de España con enorme valor para la enseñanza de las Ciencias, como las Minas de Almadén, que contienen el mayor yacimiento de cinabrio del mundo, las Tablas de Daimiel y las Lagunas de Ruidera, ecosistemas acuáticos que destacan por su flora y su fauna, la Sierra de Cazorla, extensión boscosa caracterizada por sus sinuosos y profundos cañones calizo-dolomíticos, Sierra Nevada, macizo montañoso que representa un espectacular entorno de media y alta montaña mediterránea, el Torcal de Antequera, paraje con caprichosas formas que la erosión ha modelado en sus calizas fosilíferas, el Parque de Doñana, conjunto de marismas que acoge a más de 300 especies de aves y al lince ibérico, las Minas de Riotinto, que han proporcionado inmensas cantidades de metales, y la Gruta de las Maravillas, cavidad kárstica que constituye un conjunto subterráneo excepcional.

Palabras clave: Patrimonio Natural. Patrimonio de la Humanidad. Didáctica. Geología. Biología. Sur de España.

Extended abstract: The didactic itinerary here proposed has 7 days of duration and is based in the experience of a field-trip performed in March 2013, by the Universidad de Alcalá de Henares and the Universidade de Coimbra, for the Associação Portuguesa de Professores de Biologia e Geologia. In a short time range, he allows to discover a large number of sites related to the Natural Heritage of Southern Spain, with an enormous value for Sciences education. This is the example of the Minas de Almadén, the world's largest cinnabar deposit, which has been exploited since the IV century b.C. and has produced one third of the historical mercury consumption. The Tablas de Daimiel is a large wetland area made by alluvial overflows and endorheic phenomena, being considered one of the most important aquatic ecosystems of the Iberian Peninsula due to its flora and fauna (especially a large number of birds). The Lagunas de Ruidera is a

space of small longitudinal lakes bounded by barriers of tufa or travertine deposits, where a multitude of falls and streams occur. The Sierra de Cazorla range is the largest woodland area of Spain and the second wider protected space of Europe. It is characterized by its sinuous and deep canyons sculpted in dolomitic limestones, standing out as remarkable examples of karstic landscapes. This natural area has a mammal fauna with deers, mountain sheeps, fallow deers, mountain goats, and wild boars. Among its numerous bird species it can be found the royal eagle, the griffon vulture and the lammergeyer. The Sierra Nevada is a spectacular massif with the highest altitude of Western Europe, after the Alps. It also records one of the best preserved, medium to high mountain, Mediterranean environments, with more than 2000 botanic species recorded, many amphibians, reptiles, birds and mammals (including the mountain goat), and a diverse entomofauna. The Torcal de Antequera is a dreamlike space due to the whimsical shapes that erosion has modeled from its rocks, mainly Jurassic fossiliferous limestones. The Parque de Doñana is a large extension of marshes that hosts more than 300 bird species (aquatic and terrestrial; European and African). Among its mammals stands out the Iberian lynx, one of the most endangered felines of the planet. The Minas de Riotinto mines have been exploited since the Calcolithic period, producing vast amounts of metals (including iron, lead, zinc, copper, silver, gold). In its vicinity is located the Río Tinto river, famous by its reddish waters with low pH (very acidic) and high content of heavy metals, together with extremophile microorganisms able to survive there. This unique ecosystem is being studied by NASA for its possible similarity to the environment of Mars planet. The Gruta de las Maravillas is a spectacular karstic cavity where the beauty of its lakes, and the coloring of its stalactites and stalagmites reveal an exceptional underground set. The didactic itinerary crosses or runs through the vicinity of other very interesting points, such as the Volcanes del Campo de Calatrava, the Desfiladero de Despeñaperros, the Complejo Minero de Linares-La Carolina, and the Pinar de Grazalema. It can also be completed with visits to the historic towns of Almadén, Valdepeñas, Úbeda, Baeza, Granada, Almonte, Sanlúcar, Sevilla and Aracena, many of them considered as World Heritage and with a large cultural value that can be added to the field-trip. From the point of view of logistics, many of these places are accessible for people with reduced mobility, and all of them can be visited in groups. These features allow the use of this travel by teachers, for future planning of specific itineraries, including the preparation of study tours and field-trips that complement the classroom learning in different educational levels.

Keywords: Natural Heritage. World Heritage. Didactics. Geology. Biology. Southern Spain.

INTRODUCCIÓN

Las actividades de campo didácticas realizadas con estudiantes de Ciencias Naturales han seguido en su incorporación a los planes de estudios un proceso similar al de otras tareas docentes, como las prácticas de laboratorio o de gabinete, o la

incorporación de nuevos contenidos: originalmente han sido actividades de investigación que, dado su interés metodológico se han incorporado a los planes de estudio, en cursos universitarios (generalmente impartidas por los mismos investigadores) o escolares (habitualmente aquellas con especial interés para la introducción de alguna de las ramas de las Ciencias Naturales), tras haber sido adaptadas y reproducidas para los alumnos. En el caso de las actividades de campo debemos añadir a este proceso una peculiaridad: la necesaria evolución sufrida por los medios de comunicación y transporte, que han facilitado enormemente los desplazamientos en los últimos 150 años, y que resultan imprescindibles para poder realizarlas.

A mediados del siglo XIX, encontramos varios geólogos y biólogos españoles que, como parte de sus investigaciones, realizan itinerarios de campo, describiendo las características del territorio, como ha quedado detallado en diversos artículos científicos (EZQUERRA DEL BAYO, 1850; VERNEUIL, PRADO y LORIÈRE en EZQUERRA DEL BAYO, 1851; SCHULZ en VIDAL ROMANÍ, 1992 a, 1992 b). Desarrollan estos itinerarios a lomos de caballerizas y ayudados por algún “arriero eventual” contratado esporádicamente. Son recorridos genéricos, en los que se entremezclaban los intereses económicos y científicos, y que nos dan una idea de la laboriosidad y complicación de los desplazamientos y las dificultades a las que tenían que enfrentarse para poder realizarlos, de ahí que las “actividades prácticas” con estudiantes se centraran entonces sobre todo en el estudio de colecciones y la recogida de muestras en los jardines botánicos. Es a finales del siglo XIX y comienzos del XX, con la generalización del uso del ferrocarril, cuando empezamos a encontrar una relación de viajes realizados con estudiantes, como los descritos por HERNÁNDEZ PACHECO (1911, 1912) por la región central de España. En ellos, se utilizaba el ferrocarril para llegar a la zona de estudio y regresar a la ciudad, lo que suponía una gran novedad para la época, y su duración solía ser de varios días (MERTEN, 2012). Generalmente, estos viajes (y muy especialmente aquellos organizados por la Institución Libre de Enseñanza) tenían un enfoque generalista, deteniéndose a observar todo aquello que tuviera interés científico, histórico o cultural. En esos años, las excursiones docentes realizadas con estudiantes de enseñanzas medias se centraban en paseos por el entorno escolar (BARGALLÓ, 1924).

Deberá llegar el desarrollo y la popularización del automóvil para que estas actividades de campo empiecen a generalizarse, como siempre primero en la investigación para pasar después a la docencia. Ya a finales de los años 10 y comienzos de los 20 del siglo XX tenemos las primeras fotografías de geólogos desplazándose al campo en toscos automóviles (Colección Fotográfica de José Royo Gómez, fondo especial del MNCN-CSIC), lo que les permite visitar áreas más extensas en menor tiempo. Poco después, a mediados de los años 20 ya encontramos actividades de campo desarrolladas para estudiantes, y recorridos pedagógicos de varios días de duración (BARGALLÓ, 1934; SEGURA y GOMIS, 2011) propiciados por la ampliación de la red de carreteras y el asfaltado de muchas de ellas y a la utilización de primitivos “omnibuses” motorizados, todavía de escasa capacidad, velocidad y comodidad. La generalización de estas actividades en las enseñanzas superiores y medias llega

finalmente en los años 30, alcanzando su máximo desarrollo en los años 60 y 70 con la existencia de una tupida red de carreteras y el uso de modernos “autopullman”, mucho más cómodos, rápidos y capaces.

Curiosamente, ya hace algunos años que estas actividades han comenzado un lento pero continuo retroceso quizá causado, entre otros motivos, por el desarrollo de los medios audiovisuales (especialmente ahora, en un mundo cada vez más tecnológico y virtual), la pérdida del valor que se atribuye a lo realizado con facilidad, el temor del profesor a cualquier posible contratiempo en una sociedad cada vez más burocratizada y judicializada, y el no siempre correcto comportamiento de los estudiantes. Por fortuna, simultáneamente ha surgido un creciente interés por el medio natural (con el aumento de los espacios protegidos, las visitas a entornos naturales mediante turismo rural, o las iniciativas didácticas como los Geolodías) lo que demuestra que las cuestiones más divulgativas de las ciencias generan gran interés en el público en general y que, no sólo los naturalistas, sino también buena parte del resto de la sociedad comprende que el campo es algo insustituible y que los excelentes reportajes sobre la naturaleza que se han realizado en los últimos años sirven como una introducción, pero nunca como una sustitución de todo lo que puede aportarnos una visita al medio natural.

Presentamos a continuación un novedoso itinerario didáctico basado en visitas a espacios naturales protegidos, los cuales, por su número y distribución, permiten conocer los fundamentos geológicos y biológicos de la región. Entre las singularidades del viaje, destaca el aprovechamiento de los recursos informativos que ofrecen estos espacios (entre ellos, muy especialmente los centros de interpretación y sus servicios de guías) como medios de ayuda y complemento docente, aportando el profesor las líneas generales y la relación entre los mismos. Por tanto, planteamos aquí una línea de actividades docentes con grandes perspectivas de desarrollo presente y futuro.

FUNDAMENTOS GEOLÓGICOS

Desde un punto de vista geológico, el itinerario didáctico aquí propuesto permite conocer la parte meridional de las 3 grandes unidades de la Península Ibérica: el Macizo Hespérico o Ibérico, las Cordilleras Alpinas, y las Cuencas Cenozoicas (GIBBONS y MORENO, 2002; VERA, 2004) (Fig. 1 A).

Macizo Hespérico o Ibérico

Situado en la mitad occidental de la península, se estructuró durante la Orogenia Hercínica o Varisca (GARCÍA-CORTÉS *et al.*, 2008), y está constituido por rocas del Proterozoico al Carbonífero, en parte metamorfizadas e intruidas por granitoides. Se subdivide en las cinco zonas establecidas por LOTZE (1945): Cantábrica, Asturoccidental-Leonesa, Centroibérica, de Ossa-Morena y Sudportuguesa),

reconociéndose hoy una más, la de Galicia-Tras-Os-Montes (GIBBONS y MORENO, 2002; VERA, 2004).

La **Zona Centroibérica** se caracteriza por presentar un Ordovícico Inferior constituido por cuarcitas y dispuesto en grandes sinformes que recorren longitudinalmente toda la región, así como por la extensión de los afloramientos de granitos y granitoides. En función del tipo de roca que aparece por debajo del Ordovícico, se delimitan dos dominios. El Dominio del Olló de Sapo, localizado en la mitad septentrional, se caracteriza por la presencia de gneises glandulares preordovícicos y granitos sintectónicos, correspondientes a áreas con metamorfismo regional de alto grado y pliegues acostados vergentes al E y NE. El Dominio del Complejo Esquisto-Grauváquico, localizado en la mitad meridional, se caracteriza por la presencia de pizarras y grauvacas preordovícicas dispuestas en pliegues sin vergencia definida, con granitoides post-orogénicos y un metamorfismo de bajo grado (GIBBONS y MORENO, 2002; VERA, 2004).

La **Zona de Ossa-Morena** está constituida por rocas del Proterozoico Superior al Carbonífero, deformadas con pliegues asimétricos vergentes hacia el SO, y metamorfizadas en grado variable. En sus límites con las zonas adyacentes se localizan rocas básicas de afinidad oceánica. Presenta varias fases de intrusión de granitoides: vendienses, cámbricos, carboníferos sin-orogénicos y post-orogénicos (GIBBONS y MORENO, 2002; VERA, 2004).

La **Zona Sudportuguesa** es la más meridional y la más externa del Orógeno Hercínico, aunque presenta algunos rasgos peculiares impropios de las zonas externas, como la foliación, el abundante magmatismo y el metamorfismo de muy bajo grado. Está constituida por rocas del Devónico Medio al Carbonífero Superior, entre las que destaca un Complejo Vulcano Sedimentario (con importantes yacimientos de sulfuros en la Faja Pirítica, GARCÍA-CORTÉS *et al.*, 2008), afectadas por pliegues y algún cabalgamiento vergente al SO. Localmente y discordantes aparecen sedimentos del Pérmico (GIBBONS y MORENO, 2002; VERA, 2004).

Cordilleras Alpinas

Dos de ellas, los Pirineos (y su prolongación, la Cantábrica oriental) y la Cordillera Bética (y su continuación, las Baleares), son cuencas sedimentarias mesozoicas (en realidad, del Pérmico-Paleógeno) formadas en los márgenes del Macizo Hespérico y plegadas durante la compresión alpina como consecuencia de la colisión Europa-África. La Cordillera Ibérica es una cuenca sedimentaria intraplaca con sedimentos de la misma edad y también plegada en la Orogenia Alpina (GIBBONS y MORENO, 2002; VERA, 2004).

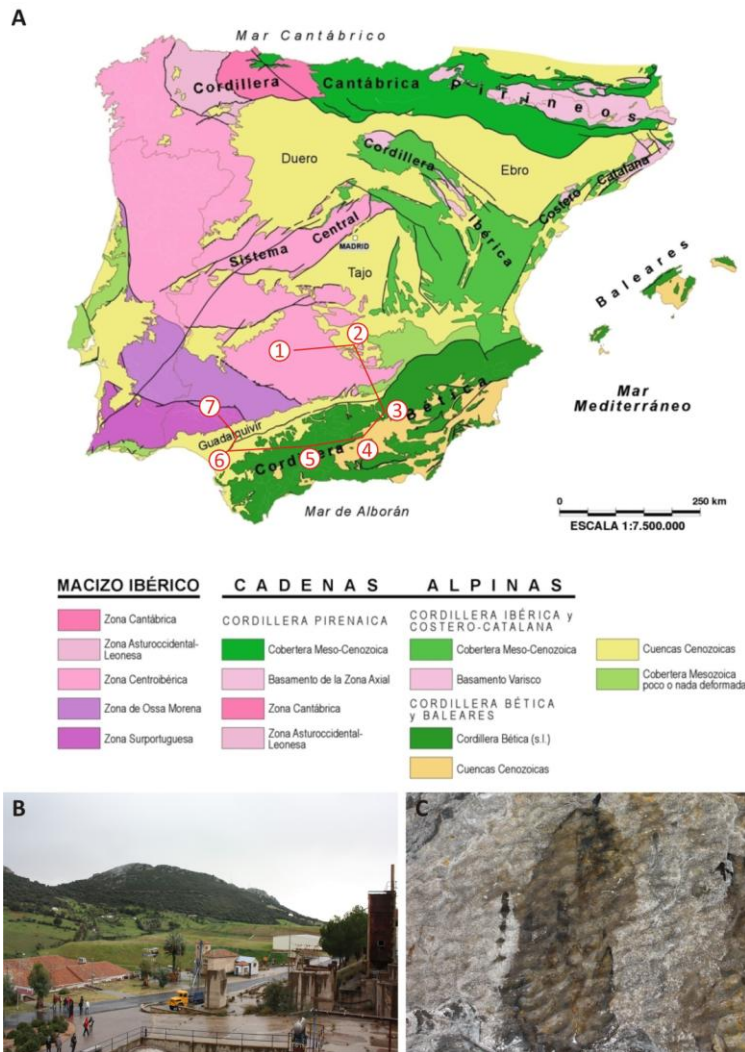


Figura 1. A. Mapa geológico con las unidades geológicas de la Península Ibérica y las Islas Baleares (tomado de Vera, 2004) sobre el que se ha indicado el itinerario didáctico y la numeración correspondiente a los días. B. Edificaciones de acceso a las Minas de Almadén, en el interior del sinclinal. Al fondo destaca el flanco sur, prácticamente verticalizado. C. Rizaduras o “ripple-marks” de origen marino en un nivel de cuarcita del interior de las Minas de Almadén.

Figure 1. A. Geologic map showing the geological units of the Iberian Peninsula and the Balearic Islands (after Vera, 2004) with indication of the didactic itinerary and the day numbering of the field-trip. B. Access buildings of the Minas de Almadén, at the inner part of the syncline. On the image bottom stands out the almost vertical southern flank of the fold. C. Marine ripple-marks recorded on a quartzite bed from the interior of the Minas de Almadén.

La **Cordillera Bética** es la cadena más occidental del conjunto de Cordilleras Alpinas que rodean el Mediterráneo por el Sur de Europa y por el Norte de África (Orógeno Alpino Perimediterráneo). Presenta una dirección dominante OSO-ENE, con vergencia hacia el NNO hasta el Estrecho de Gibraltar, donde se curva, para continuar por las cadenas norteafricanas del Rif (Marruecos) y del Tell (Argelia), que muestran vergencias hacia el sur. En la Cordillera Bética se individualizan dos unidades, que durante el Mesozoico y parte del Cenozoico pertenecían a dos microplacas diferentes.

En la parte septentrional y su prolongación en las Baleares, se localizan las Zonas Externas Béticas, formadas por rocas sedimentarias del Triásico al Mioceno Inferior-Medio, depositadas en el margen continental meridional de la Subplaca Ibérica. En la parte meridional, se sitúan las Zonas Internas Béticas, constituidas por fragmentos de una placa del Dominio de Alborán (GIBBONS y MORENO, 2002; VERA, 2004).

Las **zonas externas Béticas** están despegadas de su basamento e intensamente deformadas, con pliegues y cabalgamientos vergentes hacia el NNO, salvo en la parte más meridional donde, por efecto de retrocabalgamientos, hay vergencias contrarias. Están constituidas por materiales mesozoicos y cenozoicos, principalmente carbonatados, depositados en un antiguo mar ubicado al SE del Macizo Hespérico. Dentro de ellas se diferencian dos unidades geológicas, correspondientes a distintos contextos paleogeográficos: el Prebético, septentrional, con rocas sedimentarias de medios marinos someros, y un grado de deformación menor; y el Subbético, meridional, con sedimentos pelágicos a partir del Jurásico Inferior, con intercalaciones de rocas volcánicas submarinas en el Jurásico Medio-Superior, y un grado de deformación mucho mayor. La deformación compresiva más importante de las Zonas Externas Béticas, con el consiguiente acortamiento (con plegamiento y fracturación) y emersión de su cobertera sedimentaria, tuvo lugar durante el desplazamiento hacia el oeste y colisión del Dominio de Alborán, ocurrido entre el Mioceno Inferior (Burdigaliense) y el Mioceno Medio (GIBBONS y MORENO, 2002; VERA, 2004).

Las Zonas Internas Béticas están constituidas por una pila antiforme de unidades tectónicas superpuestas que comprende, de abajo arriba, los complejos Nevado-Filábride, Alpujárride y Maláguide. Estos complejos están formados por una sucesión de mantos estructurada antes de su desplazamiento hacia el oeste en el Dominio de Alborán, aunque sus contactos actuales revelan casi siempre movimientos de falla normal, prueba de una fase extensional post-colisional. En contraste con las Zonas Externas, el zócalo premesozoico aparece movilizado conjuntamente con la cobertera (generalmente del Triásico, pero localmente hasta del Aquitaniense). Zócalo y cobertera pueden aparecer afectados por un metamorfismo alpino polifásico y plurifacial, menos intenso (o incluso ausente) en el Complejo Maláguide. En los zócalos de algunas unidades Nevado-Filábrides y Alpujárrides se preservan vestigios de magmatismo, metamorfismo y orogenias prealpinas. Algunas unidades superiores del Complejo Alpujárride incorporan a su zócalo porciones de la Corteza Continental profunda, intensamente metamorfizada, e incluso del Manto Superior subcontinental, como en los macizos peridotíticos de la Serranía de Ronda (GIBBONS y MORENO, 2002; VERA, 2004).

Cuencas Cenozoicas

Están formadas por sedimentos cenozoicos y presentan morfologías y tamaños muy diferentes. Las cuatro mayores, Ebro, Duero, Tajo y Guadalquivir, son cuencas de antepaís, relacionadas con el levantamiento de las Cordilleras Alpinas. Las del Duero y el Tajo tienen un extenso margen sobre el Macizo Hespérico, donde afloran sin deformar sus sedimentos más modernos. Existen además otros 3 tipos de cuencas más

pequeñas. Las primeras, localizadas en el interior de las Cordilleras Alpinas, suelen ser del Paleógeno y estar rellenas de sedimentos deformados. Las segundas, ligadas a estructuras tectónicas mayores, suelen ser del Neógeno y encontrarse rellenas de sedimentos subhorizontales post-orogénicos. Las terceras, localizadas sobre el Macizo Hespérico, presentan formas y dimensiones muy dispares. Se relacionan directamente con la tectónica alpina, y contienen sedimentos continentales de facies terrígenas y conglomeráticas en sus bordes (GIBBONS y MORENO, 2002; VERA, 2004).

La [Cuenca del Guadiana](#), que llega a alcanzar los 180 km a lo largo de su eje E-O, es la mayor de todas las situadas sobre el Macizo Hespérico y contiene depósitos continentales cuya potencia varía entre los 100 m y los casi 800 m. Su origen tectónico, y el hecho de que su formación se halle controlada por los movimientos de sus bordes, explica la presencia de abanicos aluviales con predominio de conglomerados en sus márgenes, que pasan hacia el centro a depósitos de arenas, limos y lutitas correspondientes a facies canalizadas de llanura aluvial de pie de abanico. También presenta facies lacustres someras, de composición arcillosa en la base, que pasan hacia el techo a facies carbonatadas asociadas a encostramientos y medios palustres, representando el episodio expansivo final de la sedimentación neógena. La presencia de estas costras carbonatadas parece indicar que, en la Cuenca del Guadiana y otras cuencas del Centro y Sur del Macizo Hespérico, las condiciones durante el Neógeno correspondían a climas secos y cálidos, sin alcanzar eventos más áridos (no existen facies evaporíticas), dominados por abanicos aluviales con corrientes perennes o estacionales (GIBBONS y MORENO, 2002; VERA, 2004).

La [Cuenca del Guadalquivir](#) es una cuenca de antepaís, progradante y con orientación ENE-OSO, formada entre el Macizo Hespérico, al NO, y la Cordillera Bética (Zonas Internas), al SE. Su límite norte consiste en una flexura casi recta del basamento, por lo que ha sido considerada durante mucho tiempo como una fractura, la "Falla del Guadalquivir", por la evidencia de que en ella termina el Macizo Hespérico. Se trata de un margen pasivo, con una gradual profundización hacia el sur y una disposición autóctona de los sedimentos. Su borde sur, más complejo, muestra un relleno de unidades olistostrómicas, condicionado por la tectónica de la Cordillera Bética. Durante el Cenozoico, esta cuenca fue un corredor de comunicación entre el Atlántico y el Mediterráneo, cuyo relleno se realizó mediante sucesivos episodios sedimentarios comprendidos desde el Mioceno Superior (Tortonense) hasta el Plio-Cuaternario. Su progradación comenzó en las zonas orientales de la misma hace unos 8 m.d.a. y continúa actualmente en el Golfo de Cádiz. Estas unidades tienen una sección sigmoidal debida a la progradación hacia el SW. Cada una de ellas está constituida por facies de plataforma, talud, pie de talud y fondo de cuenca. Las facies de plataforma corresponden a areniscas fosilíferas que pasan hacia el mar a alternancias de limos y arcillas. Las facies de talud son arcillas con fracción terrígena dominante sobre la biogénica carbonatada. Las facies de pie de talud corresponden a turbiditas en cuerpos alargados según el eje mayor de la cuenca. Las facies de fondo de cuenca son arcillas hemipelágicas ricas en microfósiles calcáreos planctónicos y bentónicos. La erosión actual está truncando los sedimentos del sector oriental, aflorando allí facies más profundas que en el occidental, donde se conservan

materiales más someros y se mantiene el proceso de sedimentación (GIBBONS y MORENO, 2002; VERA, 2004).

FUNDAMENTOS BIOLÓGICOS

La Península Ibérica es una región de extraordinaria diversidad biológica, en la que el hombre, desde la más remota prehistoria, siempre supo integrarse, aprovechando los recursos naturales y adaptando los ecosistemas y los paisajes. Dada su privilegiada localización geográfica, constituye un importante punto de confluencia de Europa con los mundos Atlántico y Mediterráneo, así como con África, representando un espacio de transición entre la flora templada y la adaptada a medios más cálidos y secos, y un área de paso para numerosas aves migratorias.

Condicionantes geográficos y climáticos

La riqueza biológica del Sur de España depende en gran medida de la conjugación de factores de orden geológico, geográfico y climático, en los que la litología y la disposición de la red hidrográfica suponen importantes referencias, especialmente condicionadas por la Orogenia Alpina. Del Centro al Sur de la península, sucesivamente se encuentran: I) las vastas llanuras asentadas sobre formaciones cenozoicas de la Cuenca del Tajo (y, menos desarrolladas, del Guadiana); II) los abruptos relieves de Sierra Morena, impuestos por estructuras paleozoicas metamórficas; III) la extensa depresión del Guadalquivir, establecida por unidades cenozoicas; y IV) las imponentes elevaciones fuertemente deformadas de la Cordillera Bética, que afectan a materiales mesozoicos.

Esta disposición condiciona tanto las grandes unidades climáticas (y los microclimas locales), como la composición y extensión de los ecosistemas terrestres. De este modo, la mayor parte del Sur de España, especialmente Extremadura y Andalucía, presenta un Clima Mediterráneo-Típico caracterizado por un pronunciado período de sequía de unos dos meses de duración en verano. Las precipitaciones son escasas y se reparten de forma desigual durante el resto del año, y las temperaturas son suaves en invierno y elevadas durante el estío, con máximas diarias que suelen sobrepasar los 40º C, confirmando a la región cierta aridez. En parte de la Meseta Manchega y la Cordillera Bética predomina el Clima Mediterráneo-Continental, que se diferencia del anterior por presentar temperaturas anuales más extremas, con valores igualmente elevados durante el estío, pero bastante más bajos en el invierno. Las precipitaciones son también escasas, aunque concentradas durante la primavera y el otoño (González Martín y Vázquez González, 1998). Por su parte, el Clima de Montaña se localiza en las alturas más elevadas de la Cordillera Bética, especialmente en Sierra Nevada (hasta 3482 m) y la Sierra de Segura (hasta 1993 m), propiciando bandeados de flora y fauna en estratos altimétricos análogos a los establecidos en los Pirineos. En ellos, las precipitaciones son abundantes, tanto en forma de lluvia como de nieve, y las temperaturas son suaves en verano y muy bajas en invierno.

Ecosistemas y biodiversidad

Considerando estos factores y la distribución de las especies vegetales y animales, es posible diferenciar cinco regiones biogeográficas en el Sur de España (Rivas Martínez, 1987), denominadas provincias Luso-Extremadurese, Castellano-Maestrazgo-Manchega, Bética, Gaditano-Onubo-Algarviense y Murciano-Almeriense. Estas provincias coinciden, en líneas generales, con las grandes áreas de distribución fitogeográfica mediterránea. En todas ellas abunda la “tríada o trilogía mediterránea”, el trigo (*Triticum* spp.), la vid (*Vitis* spp.) y el olivo (*Olea* spp.), fundamental en la dieta tradicional de la zona desde la más remota antigüedad. Los extensos encinares (*Quercus rotundifolia*) se concentran en las provincias Castellano-Maestrazgo-Manchega, Bética y Gaditano-Onubo-Algarviense, exceptuando algunas regiones de baja y media montaña con hayedos (*Fagus sylvatica*), robledales (*Quercus pirenaica*), pinares (*Pinus sylvestris*), sabinas (*Juniperus thurifera*) y coscojares (*Quercus coccifera*), especialmente abundantes en la Sierra de Segura (GONZÁLEZ MARTÍN y VÁZQUEZ GONZÁLEZ, 1998). La vasta provincia Luso-Extremadurese y la franja litoral de la provincia Gaditano-Onubo-Algarviense se encuentran dominadas por los alcornoques (*Quercus suber*), mientras que en la provincia Murciano-Almeriense la escasa vegetación se compone en buena medida por matorrales subdesérticos. En todas estas regiones, abundan los ecosistemas con pequeños y medianos mamíferos, como la liebre (*Lepus granatensis*), el zorro (*Vulpes vulpes*), la ardilla (*Sciurus vulgaris*), el erizo (*Erinaceus europaeus*) y el ratón de campo (*Apodemus sylvaticus*). En las áreas boscosas y montañosas destacan el ciervo (*Cervus elaphus*), el gamo (*Dama dama*), el corzo (*Capreolus capreolus*), el muflón (*Ovis musimon*), la cabra montesa (*Capra pyrenaica hispanica*), el jabalí (*Sus scrofa*), el lobo (*Canis lupus*), el gato montés (*Felis sylvestris*), la gineta (*Genetta genetta*) y la nutria (*Lutra lutra*). Estas especies coexisten con otras, muchas de ellas amenazadas, entre las que destacan las aves de gran porte, como el quebrantahuesos (*Gypaetus barbatus*), el buitre negro (*Aegypius monachus*), el águila imperial ibérica (*Aquila adalberti*) o la cigüeña negra (*Ciconia nigra*), así como el buitre leonado (*Gyps fulvus*), el alimoche (*Neophron percnopterus*), el águila real (*Aquila chrysaetos*), el águila culebrera (*Circaetus gallicus*), el aguilucho lagunero (*Circus aeruginosus*), el azor (*Accipiter gentilis*) o la cigüeña común (*Ciconia ciconia*).

Respecto a los endemismos, la Bética es la provincia en la que son más frecuentes, especialmente en las regiones con flora y fauna calcícolas. Dentro de ellas, destaca Sierra Nevada, con una extraordinaria biodiversidad, entre la que se contabilizan 2100 especies botánicas, de las cuales 80 se consideran endémicas, y muchas de ellas raras o amenazadas (BLANCA, 2001). En la Sierra de Cazorla, además de los cerca de 50 endemismos registrados entre los coleópteros, destaca la lagartija de Valverde (*Algyroides marchi*), descubierta en 1959 y considerada la de distribución geográfica más restringida entre los lacértidos europeos. No obstante, las especies de distribución restringida son frecuentes en todo el Sur de España, como demuestra el caracol polimórfico *Iberus gualterianus*, uno de los ex libris de la fauna salvaje del país (RUIZ RUIZ *et al.*, 2006). Las Tablas de Daimiel y Doñana conservan numerosos representantes de los ecosistemas húmedos, con especies raras o amenazadas, como el águila pesquera (*Pandion haliaetus*), la malvasía común (*Oxyura leucocephala*), el

flamenco (*Phoenicopterus roseus*), la avoceta (*Recurvirostra avosetta*), el zampullín cuellinegro (*Podiceps nigricollis*) o el tarro blanco (*Tadorna tadorna*) (RODRÍGUEZ JIMÉNEZ, 1990; GARCÍA CANSECO, 1998; GONZÁLEZ MARTÍN y VÁZQUEZ GONZÁLEZ, 1998). También en Doñana subsisten algunas poblaciones de lince ibérico (*Lynx pardinus*), verdadero ejemplo de cómo la lucha por la conservación de una especie altamente amenazada de extinción puede llegar a dar sus frutos. Incluso, recientemente, uno de estos felinos ha sido avistado en Milfontes, en la costa occidental de Portugal, señal de esperanza y de que los parques naturales del Sur de España resultan fundamentales para la conservación de la biodiversidad de toda la mitad meridional peninsular.

En cuanto a la franja litoral adyacente, cabe destacar la presencia de ecosistemas marinos de gran diversidad, efecto de la confluencia del Océano Atlántico y el Mar Mediterráneo, y la variedad de ecotonos ligados a la dinámica de las aguas superficiales y el trazado de la línea de costa, en el que se alternan las playas arenosas, los estuarios y las marismas, y los acantilados calcáreos (GARCÍA-CORTÉS *et al.*, 2008). Los invertebrados marinos (como anélidos, moluscos y crustáceos) y los peces (entre ellos los apreciados túnidos, *Thunnus thynnus*) están representados por centenares de especies, adaptadas a todo tipo de batimetrías y substratos, entre los que se incluyen las praderas algales con *Fucus*, *Laminaria* o *Posidonia*, los fondos móviles arenosos o lodosos, los rocosos e, incluso, los coralinos (TEMPLADO, 1993; SALDANHA, 2003).

DESARROLLO DEL ITINERARIO

El orden y la selección de las visitas propuestas en este itinerario didáctico no pretende ser exhaustivo (lo que sería imposible en un viaje planteado con una duración de sólo una semana por una región tan extensa y rica en lugares y actividades de interés), sino que permite visitar en un período de tiempo muy reducido la mayor parte de los parajes Patrimonio Natural del Sur de España, descubrir el enorme potencial que su amplia diversidad natural posee para la enseñanza de las Ciencias y, aprovechando los numerosos recursos que se ofrecen, conocer (al menos someramente) las bases de la Geología y la Biología de la región. Además, muchos de ellos resultan accesibles para personas con movilidad reducida, y todos son visitables por grupos, características que permiten su uso para la planificación de posteriores itinerarios específicos por parte de los docentes, en particular viajes de estudio y otros recursos no formales que complementen el aprendizaje en el aula en varios niveles educativos. En el mismo sentido, y en la medida de lo posible, también se ha tratado que la bibliografía consultada y proporcionada resulte de fácil acceso no sólo para especialistas sino también para todo tipo de docentes.

Desde el punto de vista organizativo, se debe destacar que, siempre que sea posible, se recomienda comenzar cada visita en el centro de interpretación correspondiente, lo que permitirá recibir una valiosa información general previa, posibilitando un aprovechamiento mayor del recorrido por el paraje natural.

Finalmente, indicar que el itinerario, de forma complementaria, permite conocer otros valores históricos y culturales, como la tecnología minera, el uso del territorio, la historia de los caminos y las comunicaciones, y el desarrollo y la arquitectura de espacios y monumentos singulares, entre otros muchos aspectos de interés.

Día 1. Minas de Almadén

Inicio del [Itinerario Didáctico](#) (Fig. 1 A) en Almadén, cuyo nombre (y buena parte de su primitivo trazado urbanístico) es de origen musulmán y significa “la mina”. Su complejo minero, explotado desde el siglo IV a.C., contiene el mayor yacimiento de cinabrio (HgS) del mundo, y ha producido buena parte del tinte conocido como “bermellón” y aproximadamente la tercera parte (más de 250.000 t) del mercurio consumido. Puede considerarse un ejemplo único del aprovechamiento de este metal a lo largo de la historia, por lo que ha sido recientemente declarado Patrimonio de la Humanidad. La verdadera excepcionalidad de las [Minas de Almadén](#), aunque se encuentran rodeadas de otros importantes depósitos de cinabrio (El Entredicho, La Vieja y Nueva Concepción, Guadalperal y Las Cuevas), además de en sus extraordinarias dimensiones (de unos de 500 m de longitud y 600 m profundidad, por lo que puede considerarse un “yacimiento gigante”), radica en las singulares características geológicas que han permitido las altas concentraciones y las grandes acumulaciones que aquí se han dado, lo que las convierte en un modelo metalogenético único. Se localizan en la parte meridional de la Zona Centroibérica del Macizo Hespérico, que en la región cuenta con afloramientos de gran continuidad, con sucesiones del Precámbrico terminal al Carbonífero. La estructura tectónica regional muestra una deformación en grandes pliegues, entre los que destaca el Sinclinal de Almadén, alargado en dirección ONO-ESE, con unas dimensiones de 25 km de longitud y 10 km de anchura, un flanco sur (que contiene las mineralizaciones de cinabrio) prácticamente verticalizado, un flanco norte más tendido, y un metamorfismo de grado relativamente bajo (GARCÍA-SANSEGUNDO *et al.*, 1987) (Fig. 1 B). Litológicamente, el complejo se encuentra constituido por una base del Precámbrico con pizarras y grauvacas, sobre la que se dispone, tras una discordancia, una secuencia siliciclástica del Paleozoico formada esencialmente por cuatro barras de ortocuarcitas (“Cuarcita Armoricana”, “Cuarcita de Canteras”, “Cuarcita de Criadero” y “Cuarcita de Base”) entre las que se intercalan diversos niveles de pizarras, areniscas y, localmente, materiales vulcanosedimentarios interestratificados en una de las serie más completas de la Zona Centroibérica, con edades que van del Ordovícico Inferior (500 m.d.a.) hasta el Carbonífero Inferior (300 m.d.a.). El yacimiento es de carácter estratiforme e impregna de cinabrio la arenisca marina original (la actual Cuarcita de Criadero) como consecuencia de un proceso metalogenético derivado de una importante actividad volcánica básica, con afinidad alcalina, registrada del Ordovícico Superior tardío al Silúrico Inferior, como demuestra la presencia de tobas volcánicas explosivas (“Roca Frailesca”) (HIGUERAS *et al.*, 2000; PALERO, 2002; NUCHE, 2003; GARCÍA-CORTÉS *et al.*, 2008) (Fig. 1 C).

La visita al Complejo Minero comienza en el Centro de Interpretación de la Minería, donde se proporcionan los conocimientos básicos sobre la evolución histórica de las

labores mineras. A continuación se realiza el recorrido por las galerías subterráneas, descendiendo a 50 m de profundidad en una jaula de mina, avanzando a pie por una galería explotada en los siglos XVI y XVII, según las condiciones tradicionales de la práctica minera (utilizando casco e iluminación de apoyo con lámparas individuales), y saliendo a la superficie por medio de un tren de vagonetas habilitado para el transporte del público (Fig. 2 A). La visita continúa por las instalaciones exteriores (muchas de ellas con más de dos siglos de antigüedad), finalizando en el Museo del Mercurio, donde se encuentran diversas salas dedicadas a la geología (y la paleontología) de la zona, a los experimentos interactivos de la física y química del mercurio, y a la historia del aprovechamiento de este metal y su transporte final hasta América, donde, a partir del siglo XVI, se convirtió en un producto (conocido como azogue) imprescindible para el beneficio de los ricos minerales de plata descubiertos en el Nuevo Mundo. En la ciudad de Almadén, también se encuentra el Real Hospital de Mineros de San Rafael, construido entre 1755 y 1773, recientemente restaurado y acondicionado para albergar una exposición sobre la historia y relevancia minera de la ciudad, y la Academia de Minería y Geografía Subterránea, fundada por Carlos III en 1777, siendo la cuarta escuela de minas más antigua del mundo (Fig. 2 B). En sus proximidades se halla la Plaza de Toros, uno de los edificios más emblemáticos de la localidad, única en el mundo por su planta hexagonal y considerada como una de las más antiguas de España, al haberse iniciado su construcción en 1752 (VILLAR DÍEZ, 2007; CAÑIZARES RUIZ, 2008).

En el itinerario de Almadén a Daimiel se atraviesan los Volcanes del Campo de Calatrava. Aunque el vulcanismo neógeno peninsular puede observarse en otras regiones españolas (Gerona, Valencia, Almería), la principal peculiaridad del aquí representado reside en el número de volcanes (superior al centenar), y la variedad de mecanismos y formas eruptivas conservadas. Su desarrollo principal se produjo durante el Mioceno Superior, y del Plioceno Medio-Superior al Pleistoceno Inferior-Medio, emitiéndose gran cantidad de materiales ultrabásicos y básicos por efecto de un punto caliente situado bajo la Meseta Manchega. Asociados a ellos, aparecen encostramientos ferruginosos y manantiales termales conocidos como “hervideros” o fuentes de “agua agria” por su elevado contenido en anhídrido carbónico (NUCHE, 2003; GONZÁLEZ MARTÍN y VÁZQUEZ GONZÁLEZ, 1998).

Día 2. Tablas de Daimiel, y Lagunas de Ruidera

El [Parque Nacional de las Tablas de Daimiel](#) constituye uno de los últimos humedales representantes del ecosistema denominado “tablas fluviales”, que se forman al desbordarse los ríos en sus cursos medios, debido a fenómenos endorreicos y de escasez de pendientes (Fig. 2 C). Corresponde a una depresión morfoestructural cenozoica situada en la Cuenca del Guadiana, entre los Montes de Toledo al norte, el Campo de Calatrava al oeste, y la Sierra Morena Oriental al sur, limitada por materiales del Paleozoico y el Mesozoico. Forma una extensa planicie con dirección E-O, que desciende desde el NNE hasta el SSO entre 640 y 620 m, que se encuentra rellena con materiales continentales del Mioceno, Plioceno y Cuaternario (Portero y Ramírez, 1988), en los que se registran las variaciones sedimentarias y climáticas, así como sus



Figura 2. A. Gotas de mercurio exudadas de forma natural por el cinabrio (HgS), en el interior de las Minas de Almadén. B. Vagoneta con cinabrio exhibida en el Real Hospital de Mineros de San Rafael. C. Humedal de las Tablas desarrollado sobre la planicie de Daimiel. En sus márgenes se aprecia la colonización por el carrizo y la masiega. D. Algunas de las numerosas anátidas que en la primavera anidan en las Tablas de Daimiel. E. Dos lagunas (ó remansos fluviales) sucesivos en las Lagunas de Ruidera. F. Detalle de barrera tobácea o travertínica en las Lagunas de Ruidera. G. Masa boscosa en la Sierra de Cazorla. H. Salto de agua desde las calizas de la Sierra de Cazorla.

Figure 2. A. Mercury drops naturally exuded by the cinnabar (HgS) in the interior of the Minas de Almadén. B. Wagon with cinnabar exhibited at the Real Hospital de Mineros de San Rafael. C. Tablas wetland developed over the Daimiel plain. A large colonization by reed and sedge can be appreciated along its margins. D. Some of the numerous anatids that nest in the Tablas de Daimiel, during spring time. E. Two successive lagoons (or river backwaters) in the Lagunas de Ruidera. F. Detail of tuffaceous or travertine barrier in the Lagunas de Ruidera. G. Dense woodland in the Sierra de Cazorla range. H. Water fall from the limestone beds of the Sierra de Cazorla range.

efectos sobre los ecosistemas (GARCÍA-HIDALGO *et al.*, 1995; ÁLVAREZ COBELAS y CIRUJANO, 1996; NUCHE, 2003; GIL-GARCÍA *et al.*, 2008; MEDIAVILLA LÓPEZ, 2012). Este humedal, formado en la confluencia del Río Guadiana y su afluente, el Gigüela, presenta una evolución estrechamente relacionada con la dinámica del nivel freático de las aguas subterráneas (en concreto, las del “Acuífero 23”, actualmente conocido como “Mancha Occidental”: GARCÍA RODRÍGUEZ, 1996), y constituye uno de los ecosistemas acuáticos continentales más importantes de toda la Península Ibérica por la variedad y calidad de su flora (en la que destacan masiegas, carrizos y tarayes) y su fauna (que incluye peces de agua dulce, ranas, galápagos y nutrias) (GARCÍA CANSECO, 1998; GONZÁLEZ MARTÍN y VÁZQUEZ GONZÁLEZ, 1998; ÁLVAREZ COBELAS *et al.*, 2000). Entre las numerosas aves que la emplean como refugio temporal en sus rutas migratorias, es habitual observar garzas durante la primavera, siendo también abundantes las anátidas y las fochas en los períodos húmedos, y las limícolas en los secos. Existen también especies sedentarias, como el ánade azulón o el aguilucho lagunero, que pueden verse durante todo el año (García Canseco y Asensio Nistal, 2004; Santolalla Fragero, 2009) (Fig. 2 D).

El [Parque Natural de las Lagunas de Ruidera](#) es un espacio natural formado por un conjunto de quince lagunas, de gran belleza, situadas a lo largo del valle del Río Guadiana Viejo o Pinilla, separadas y conectadas entre sí por barreras tobáceas o travertínicas (Fig. 2E). Éstas se forman cuando las aguas saturadas de carbonato cálcico (muchas de ellas de origen subterráneo y con un característico color azul turquesa, procedentes del “Acuífero 24”, actualmente conocido como “Campo de Montiel”: MONTERO GONZÁLEZ, 2000) precipitan alrededor de restos vegetales, constituyendo una serie de cascadas o arroyos que enlazan cada laguna superior con la siguiente inferior (Fig. 2F). Por ello, en sentido estricto, no son lagunas sino “remansos” fluviales, y alcanzan una extensión de 3800 ha y un desnivel de 122 m (DEFALQUE, 1976; GARCÍA-CORTÉS *et al.*, 2008). La base de las lagunas está constituida por arcillas impermeables de Triásico Superior (Keuper), mientras que sus bordes y la superficie del denominado Páramo de Montiel se encuentran formados por carniolas del Jurásico Inferior (Lías), de las que parece proceder la mayor parte del carbonato presente en las aguas (NUCHE, 2003; ORDÓÑEZ *et al.*, 1986). En la región, también existen materiales del Cenozoico, principalmente brechas y limos rojizos, conglomerados y carbonatos, muy similares en su aspecto a los del Jurásico Inferior. Del Plio-Cuaternario aparecen conglomerados cuarcíticos con matriz arcilloarenosa de color rojo intenso, los cuales pueden contener cantos de diabasas, granitos y pizarras. Finalmente, el Cuaternario queda representado por depósitos de travertinos y de aluviales conglomeráticos y arcillosos (RINCÓN *et al.*, 2001). Este espacio natural cuenta con una variada vegetación, compuesta por encinas, pinos, sabinas y matorrales (coscojares, espinos y aliagas) en las laderas; olmos, álamos y chopos en las riberas; y carrizos, juncos, espadañas y masiegas en las áreas encharcadas, y cobija numerosas aves acuáticas (como porrones, patos, fochas, ánades y somormujos) (GONZÁLEZ MARTÍN y VÁZQUEZ GONZÁLEZ, 1998; CIRUJANO y MEDINA, 2002). Dentro de sus límites, se encuentran los castillos de Peñarroya y de Rocafriada (este último en ruinas), y la famosa cueva de Montesinos, donde Cervantes hizo pasar una noche a Don Quijote (GARCÍA CANSECO, 1997). En sus proximidades se sitúa la localidad de Valdepeñas, cuyo nombre significa

“valle de peñas”, por estar situada en un amplio meandro del Río Jabalón rodeado de cerros (estribaciones de Sierra Morena que marcan el límite Sur de la Llanura Manchega) y por abundar en su subsuelo la roca caliza que ha facilitado el desarrollo de numerosos viñedos cuya Denominación de Origen es la segunda española en volumen de ventas, con vinos reconocidos por profesionales y consumidores tanto nacionales como extranjeros.

Día 3. Sierra de Cazorla

El itinerario hacia Cazorla atraviesa Sierra Morena por Despeñaperros, un abrupto desfiladero excavado por el río del mismo nombre en rocas metamórficas del Macizo Hespérico (del Precámbrico al Carbonífero, aunque mayoritariamente cuarcitas del Ordovícico y pizarras), plegadas, casi verticalizadas y dispuestas en bandas de dirección NNE-SSO, generalmente limitadas por fallas de gran envergadura, y que posee una destacable flora y fauna (DURÁN y NUCHE, 1999; Villalobos Mejía y Pérez Muñoz, 2006). A continuación discurre por el Complejo Minero de Linares-La Carolina, enclavado en la fosa tectónica tipo “graben” de Bailén, en la que se distingue un zócalo del Paleozoico perteneciente a la Zona Centroibérica del Macizo Hespérico (en el que encajan las mineralizaciones principales) y un recubrimiento posthercínico. En el zócalo se produjo (hace unos 330-300 m.d.a.) una importante intrusión granítica, prolongación del Batolito de los Pedroches. Asociado a esta intrusión se instaló, durante las últimas fases de la Orogenia Hercínica, un campo hidrotermal responsable de las mineralizaciones filonianas. Entre ellas, sobresale muy especialmente la galena (sulfuro de plomo), aunque también se encuentran otros minerales metálicos (calcosita, bornita, calcopirita, hematites, cuprita), carbonatados (siderita, cerusita) y cuarcíticos. Cabe destacar el descubrimiento de la linarita (sulfato de plomo y cobre), identificada por primera vez en las minas de Linares (DURÁN y NUCHE, 1999; VILLALOBOS MEJÍA y PÉREZ MUÑOZ, 2006).

El [Parque Natural de las Sierras de Cazorla, Segura y Las Villas](#), con sus 214.300 ha, es el mayor espacio boscoso protegido de España y el segundo de toda Europa (Fig. 2 G). Sus sierras se consideran integradas en el Dominio Prebético de las Zonas Externas de la Cordillera Bética, y están constituidas por un conjunto de rocas sedimentarias de carácter marino somero o continental, formadas sobre el zócalo hespérico. La edad de estas rocas comprende desde el inicio del Mesozoico (hace unos 250 m.d.a.) hasta el Mioceno Superior (hace unos 10 m.d.a.). Los diferentes contextos paleogeográficos del Prebético hacen posible distinguir un Prebético Externo, de carácter más somero (Sierra de Cazorla) y un Prebético Interno, con depósitos de mayor profundidad (Sierras de Segura y de Castril). Entre sus materiales dominan las rocas carbonatadas, calizas y dolomías, con una gran riqueza en fósiles, con intercalaciones de margas y de niveles detríticos, principalmente arenas (Fig. 2 H). La llamada Cobertera Tabular corresponde a una zona aún más externa que el Prebético Externo. Está compuesta por materiales terrígenos triásicos de ambientes continentales (fluviales y lacustres), y carbonatos jurásicos de medios marinos muy someros, depositados en el borde del Macizo Hespérico. Sobre ella cabalgan las unidades del Prebético Externo (GARCÍA-CORTÉS y TRÍO MASEDA, 1994; DURÁN y NUCHE, 1999; VILLALOBOS MEJÍA y PÉREZ

MUÑOZ, 2006). En concreto, en la Sierra de Cazorla destacan los sinuosos relieves de naturaleza calizo-dolomítica, que se extienden delimitando profundos cañones, generados por el encajamiento del río sobre las rocas carbonatadas del Jurásico y Cretácico del Dominio Prebético, dejando al descubierto numerosas estructuras geológicas (siendo muy llamativos los pliegues y las fallas del Río Borosa) y configurando magníficos ejemplos de paisajes de naturaleza kárstica (GARCÍA CORTES y TRÍO MASEDA, 1994; RUIZ-ORTIZ *et al.*, 2001) (Fig. 3 A). En sus valles se hallan vastas extensiones boscosas continuas, concretamente de pinares, entre los que se encuentran representantes de cuatro de las seis especies ibéricas (PAJARÓN SOTOMAYOR y ESCUDERO ALCÁNTARA, 1993). Entre las aves destacan el águila real y el buitre leonado, así como el quebrantahuesos, en proceso de repoblación. Su fauna también es muy rica y variada, abundando los ciervos, los muflones, los gamos, las cabras montesas y los jabalíes (SUARDÍAZ y ALQUIFE, 1990; SANTOLALLA FRAGERO, 2009). En sus proximidades se encuentran las ciudades de Úbeda y Baeza, cuyo conjunto histórico ha sido declarado Patrimonio de la Humanidad debido a la calidad y buena conservación de sus numerosos edificios renacentistas y a su singular entorno urbanístico. Estas dos ciudades vecinas aportan una auténtica recopilación de las ideas, soluciones y prácticas del urbanismo renacentista, formuladas por los tratadistas italianos del siglo XV, pero adaptadas a la realidad sociopolítica y cultural española.

Día 4. Sierra Nevada

El **Parque Nacional de Sierra Nevada** es un espectacular macizo montañoso que presenta la mayor altitud de toda Europa Occidental, después de los Alpes (Fig. 3B). Forma una alineación montañosa que ocupa gran parte del SE peninsular, desde la provincia de Granada hasta la de Almería, extendiéndose de forma longitudinal a lo largo de más de 90 km, llegando a superar los 35 km de anchura, y alcanzando una altura de 3482 m en el Mulhacén. Presenta cierta asimetría, mostrando las laderas del borde norte mayores pendientes que las del sur, y localizándose sus cumbres más elevadas en el sector occidental. Desde el punto de vista geológico, Sierra Nevada se sitúa en el corazón de las Zonas Internas de la Cordillera Bética, aflorando ampliamente en ella los complejos Nevado-Filábride y Alpujárride (Díaz de Federico *et al.*, 1980). El primero, aflora en el núcleo del macizo, dando la mayoría de los entornos de alta montaña, y se encuentra constituido por las rocas más antiguas, con edades superiores a los 250 m.d.a. Sus materiales proceden de sedimentos de origen marino que fueron sometidos a procesos de litificación, metamorfismo y deformación, como consecuencia de su enterramiento y posterior levantamiento. La presencia de esquistosidades, fracturas y pliegues pone de manifiesto la intensa deformación experimentada por estos materiales. Litológicamente, este complejo se compone de un zócalo de esquistos grafitosos, con intercalaciones de cuarcitas, y una cobertera de materiales esquistosos y carbonatados procedentes del metamorfismo de rocas magmáticas. El Complejo Alpujárride, rodea el núcleo de Sierra Nevada, constituyendo la mayoría de los relieves de media y baja montaña, y está compuesto por materiales de más de 200 m.d.a., los cuales han sufrido un metamorfismo de moderado a intenso. Se estructura, a su vez, en unidades que se componen de un zócalo formado por esquistos negros, y una cobertera. Ésta comprende una base metapelítica (filitas



Figura 3. A. Estructuras de disolución kárstica en calizas de la Sierra de Cazorla. B. Estratificación vegetal vertical por altura en Sierra Nevada. C. Mármoles de Macael, en el Patio de los Leones de la Alhambra, formados por procesos de metamorfismo regional en calizas del Triásico del Complejo Nevado-Filábride. D. Diversidad botánica (parte de ella compuesta por especies típicas de Sierra Nevada) y juegos de agua en el Generalife. E. Desarrollo de la karstificación en las calizas estratificadas del Jurásico del Torcal de Antequera. F. Curiosa forma imitativa de origen kárstico en el Torcal de Antequera, conocida como “sombbrero”. G. Molde de un gran ammonoideo del Jurásico en el Torcal de Antequera. H. Imagen de Doñana, desde las proximidades de la desembocadura del Río Guadalquivir.

Figure 3. A. Karstic dissolution structures from limestones of the Sierra de Cazorla range. B. Vertical vegetal stratification by altitude in the Sierra Nevada range. C. Macael marbles in the Patio de los Leones courtyard of the Alhambra palace, formed by regional metamorphism processes on Triassic limestones of the Complejo Nevado-Filábride. D. Botanic diversity (including some species typical of Sierra Nevada) and water games in the Generalife. E. Karstification development on Jurassic stratified limestones from the Torcal de Antequera. F. Curious karstic imitative form found in the Torcal de Antequera and known as “sombbrero” (little hat). G. Mould of a large Jurassic ammonoid at the Torcal de Antequera. H. Doñana landscape taken from the side of the Río Guadalquivir estuary.

azuladas y grises, procedentes de arcillas) del Triásico Inferior-Medio, sobre la que descansa una serie carbonatada (calizas, dolomías y mármoles, de colores blanquecinos y grisáceos) del Triásico Medio-Superior (Durán y Nuche, 1999; GARCÍA CANSECO, 2001; VILLALOBOS MEJÍA y PÉREZ MUÑOZ, 2006) (Fig. 3 C).

Desde el punto de vista ecológico, Sierra Nevada representa uno de los “sistemas naturales de media y alta montaña mediterránea” mejor conservados. Siemprevivas, dedaleras, tirañas, manzanillas, violetas, estrellas de las nieves, amapolas y acónitos, forman parte de las más de 2000 especies vegetales (con 66 endemismos, muchos de ellos representados en el Jardín Botánico Universitario Hoya de la Mora), de gran vistosidad y colorido, que viven en el parque. Anfibios, reptiles, aves, mamíferos y una variada entomofauna (con 80 endemismos), forman parte de la rica fauna de esta sierra, especialmente adaptada a los fríos medios de media y alta montaña. La cabra montesa, habitual en las cumbres más elevadas, es la especie más característica del parque (ANÍA *et al.*, 2004; GARCÍA CANSECO y ASENSIO NISTAL, 2004; SANTOLALLA FRAGERO, 2009). En las estribaciones de Sierra Nevada, dominando una fértil vega, se encuentra la bella ciudad de Granada, antigua capital de los reinos musulmanes Zirí, en el siglo XI, y Nazarí, entre los siglos XIII y XV, cuya toma por los Reyes Católicos en el año 1492 supuso el final de la Reconquista. En ella se encuentran la Alhambra y el Generalife, magníficos ejemplos del arte hispanomusulmán, que han sido declarados Patrimonio de la Humanidad. La Alhambra es una fortaleza palatina considerada el monumento más emblemático de la ciudad y el máximo exponente de la arquitectura nazarí, correspondiendo la mayor parte de su edificación a la época de Yusuf I y Mohamed V, entre 1333 y 1354. El Generalife, un onírico espacio de recreo con un jardín de planta actualmente romántica, destaca tanto por su emplazamiento y disposición como por la diversidad de sus flores y la armoniosidad de sus juegos de agua (Fig. 3 D).

Día 5. Torcal de Antequera

El [Torcal de Antequera](#) es un curioso paraje natural conocido por las caprichosas formas que los agentes erosivos han ido modelando en sus rocas, principalmente calizas con fósiles marinos (entre ellos, ammonites, bivalvos y gasterópodos) del Jurásico, y minoritariamente del Cretácico, que fueron levantadas como consecuencia de la Orogenia Alpina, generando un amplio pliegue en cofre o champiñón con una charnela extensa, con estratos subhorizontales, y unos flancos abruptos, con estratos subverticales, intensamente fracturado por varios sistemas de fallas (MARTÍN ALGARRA, 1987; GARCÍA-CORTÉS *et al.*, 2008) (Fig. 3 E). En la actualidad, constituye un destacado y espectacular ejemplo de paisaje kárstico, y forma parte, junto a otras

sierras carbonatadas del Dominio Subbético de las Zonas Externas de la Cordillera Bética (entre ellas, la de Grazalema), de un conjunto de macizos, de alineación E-O, cuyos relieves alpinos se han visto sometidos a la acción erosiva del agua, el hielo y el viento, dando lugar al desarrollo de numerosas y variadas formas de disolución, tanto en superficie (el exokarst, con dolinas, lapiazes y poljes) como en profundidad (el endokarst, con galerías y simas) (Fig. 3F). El proceso de disolución de la caliza se produce cuando el agua de lluvia (H₂O) o de fusión de nieve o hielo, con abundante dióxido de carbono disuelto (CO₂), lo que le confiere cierta acidez, reacciona con la roca caliza (CaCO₃), dando como resultado bicarbonato cálcico [Ca(CO₃H)₂], fácilmente soluble. Este proceso, que suele verse favorecido por fallas y diaclasas, genera un depósito insoluble de color rojizo, compuesto principalmente por minerales de la arcilla y óxidos de hierro que recibe el nombre de “arcilla de descalcificación” o “terra rossa” (CANO MEDINA, 1990; DURÁN y LÓPEZ, 1999; DURÁN y NUCHE, 1999; VILLALOBOS MEJÍA y PÉREZ MUÑOZ, 2006) (Fig. 3 G). Las comunidades vegetales de mayor importancia corresponden a las rupícolas (muchas de ellas endémicas), adaptadas a las fisuras y grietas de las rocas, estando los estratos arbóreos representados por encinas, quejigos, serbales y arces. Las formaciones de espinares y zarzales suelen cubrir gran parte del Torcal Alto, con madresevas, otros arbustos y plantas de la orla forestal. La fauna se compone de anfibios, reptiles, aves y mamíferos (como topillos, zorros, tejones, comadreja y conejos), así como por multitud de especies de invertebrados, mayoritariamente insectos (ROMERO GONZÁLEZ, 2001; SANTOLALLA FRAGERO, 2009).

El viaje hacia Doñana discurre por las proximidades del Parque Natural de la Sierra de Grazalema, perteneciente al eje E-O de macizos kársticos del Dominio Subbético (ver arriba). En el corazón de este peculiar entorno se encuentra el curioso Pinsapar de Grazalema, en el que se dan unas condiciones microclimáticas especiales de humedad y temperatura, que hacen posible la presencia de un tipo de abeto (el pinsapo), que sólo se encuentra en algunos puntos de esta región (SANTOLALLA FRAGERO, 2009). La ciudad de Almonte (para visitar Doñana en vehículo todoterreno) posee un extenso término municipal que incluye la mayor parte del espacio natural de Doñana e integra la ermita de El Rocío, cuyos orígenes parecen remontarse a la primera mitad del siglo XIV y es el destino de la romería mariana del mismo nombre que se celebra todos los años en la festividad de Pentecostés. Por su parte, Sanlúcar de Barrameda (para visitar Doñana en barco) es una histórica ciudad costera asentada en la margen izquierda del estuario del Río Guadalquivir, frente a Doñana. Puerto de referencia en la época de los descubrimientos, del que zarpó Colón en su tercer viaje a América y Magallanes en el primer viaje de circunnavegación, dispone de más de 6 km de espléndidas playas y una rica oferta de productos del mar, que incluye unos langostinos muy apreciados.

Día 6. Parque de Doñana

Viaje en vehículo todoterreno desde Almonte o en barco desde Sanlúcar al [Parque Nacional de Doñana](#), gran extensión de marismas (medios de transición entre un río y el mar, afectados por la acción de las mareas y con una pendiente muy suave) que

acoge numerosas especies de aves acuáticas y que es considerada Patrimonio de la Humanidad (Fig. 3 H). Se encuentra en el contacto del sector occidental de la Cuenca del Guadalquivir con el Océano Atlántico, presentando un relleno de materiales neógenos y, sobre todo, plio-cuaternarios (LEIVA CABELLO y PASTOR GONZÁLEZ, 1975). Durante el Neógeno, el agua marina invadía la Cuenca del Guadalquivir, acumulándose en ella importantes cantidades de sedimentos marinos. Progresivamente, el mar se retiró, dando paso a la instalación de sistemas fluviales (en el interior de la cuenca) y litorales (en el contacto con el océano). Poco más tarde, las corrientes de deriva litoral formaron la flecha arenosa de Doñana, dando lugar a un golfo (conocido en la antigüedad clásica como Lacus Ligustinus) que gradualmente se fue cerrando por el relleno sedimentario. En la actualidad, las marismas de Doñana se encuentran prácticamente colmatadas y la influencia mareal apenas se hace notar, salvo en las proximidades del estuario del Río Guadalquivir (DURÁN y NUCHE, 1999; GARCÍA CANSECO, 2002; VILLALOBOS MEJÍA y PÉREZ MUÑOZ, 2006).

Entre los numerosos ecosistemas que pueden diferenciarse en el parque, se encuentra la flecha (que incluye la “playa”), que se sitúa en el margen derecho de su desembocadura, presentando una morfología alargada en dirección NNO-SSE, con 25 km de longitud y de 3 a 4,5 km de anchura. Sobre ella discurren varios frentes de “dunas” (unos cinco, los tres primeros estabilizados y los dos últimos activos) que avanzan tierra adentro, alcanzando un desarrollo vertical y horizontal muy importante (hasta 30 m de altura). Las depresiones interdunares están colonizadas por vegetación más o menos desarrollada y son conocidas con el nombre de “corrales”. Las masas boscosas, con sabinares, alcornoques y pinares, se engloban bajo la denominación local de “cotos”, existiendo una zona de transición que enlaza y separa todos estos biotopos, llamada “vera” (Fig. 4 A). Ya dentro del ámbito de la marisma se distinguen altos topográficos aislados conocidos como “vetas”. Consisten en resaltes arenosos, interpretados como antiguas crestas de playa, hoy emergentes debido a la erosión fluvial de su entorno por los arroyos que discurren por la llanura. Otros elementos peculiares son los “ojos de las marismas” o “nocles”. Consisten en puntos de salida de agua dulce sobre la llanura fangosa y limosa (DURÁN y NUCHE, 1999; GARCÍA CANSECO, 2002; VILLALOBOS MEJÍA y PÉREZ MUÑOZ, 2006).

Sin embargo, la singularidad de Doñana no sólo reside en el peculiar mosaico de ecosistemas que alberga, con una extraordinaria biodiversidad, sino que también, debido a su privilegiada situación geográfica, entre dos continentes y en las proximidades del punto de encuentro del Atlántico y del Mediterráneo, en el parque pueden observarse más de 300 especies de aves (entre ellas el águila imperial), al ser lugar de paso, cría e invernada para muchas de ellas (acuáticas y terrestres; europeas y africanas). Entre sus mamíferos, además de los ungulados de gran tamaño (como el ciervo y el jabalí) destaca el lince ibérico, uno de los felinos más amenazados del planeta (Rodríguez Jiménez, 1990; García Canseco y Asensio Nistal, 2004; Santolalla Fragero, 2009) (Fig. 4B). Aguas arriba del Río Guadalquivir se encuentra la ciudad de Sevilla, cuyo casco antiguo es el más extenso de España y uno de los tres más grandes de Europa, junto a los de Génova y Venecia.



Figura 4. A) Límite entre los ecosistemas de “marisma” y de “bosque” de Doñana. B) Grupo de flamencos en la “marisma” de Doñana, con las “dunas” al fondo. C) Paisaje minero en Riotinto, intensamente modelado por la acción antrópica. D) Interior de la Peña de Hierro, en la que se observa la montera rojiza de “gossan” en la parte superior y las características aguas del mismo color del nacimiento del Río Tinto. E) Estructura tectónica compresiva (cabalgamiento) en las proximidades de la Peña de Hierro. F) Estalactitas de la Gruta de las Maravillas, reflejadas en las aguas de uno de sus lagos internos. G) Espeleotema de la Gruta de las Maravilla, en la que se aprecia su intensa coloración rojiza. H) Foto de parte del grupo de profesores participantes en la Acción Formadora realizada entre los días 21 y 29 de Marzo de 2013 para la Associação Portuguesa de Professores de Biología e Geologia.

Figure 4. A) Boundary between the “marsh” and the “woodland” ecosystems of Doñana. B) Group of flamingos in the “marsh” of Doñana, with the “dunes” on the image background. C) Mining landscape from Riotinto, strongly shaped by anthropic action. D) Interior of the Peña de Hierro, showing the “gossan” reddish overburden lying at the top, and the typical waters with the same color in the spring of the Río Tinto river. E) Compressive tectonic structure (through fault) located near the Peña de Hierro. F) Stalactites from the Gruta de las Maravillas reflected in the waters of one of its internal lakes. G) Speleotheme from the Gruta de las Maravillas, showing a deep reddish coloring. H) Group photo showing part of the teachers that participated in the Formative Action performed at 21 to 29 March 2013 for the Associação Portuguesa de Professores de Biologia e Geologia.

Entre sus monumentos más representativos destacan la Catedral (que incluye la famosa Torre de la Giralda), el Alcázar, el Archivo de Indias y la Torre del Oro, habiendo sido los tres primeros declarados Patrimonio de la Humanidad.

Día 7. Minas de Riotinto, y Gruta de las Maravillas

El [Parque Minero de Riotinto](#), cuya explotación, que se remonta a las primeras civilizaciones organizadas de la Edad del Cobre, permitió el desarrollo de la mítica y esplendorosa Cultura Tartésica (Fig. 4 C). Las rocas que componen esta región de la Zona Sudportuguesa del Macizo Hespérico corresponden a turbiditas y pizarras del Paleozoico Superior (Devónico Medio-Carbonífero Superior), depositadas en un ambiente marino profundo. En las primeras fases de la Orogenia Hercínica se instaló en la cuenca sedimentaria un activo sistema volcánico, que dio lugar a los yacimientos metálicos de sulfuros masivos más importantes del mundo: la Faja Pirítica (GARCÍA-CORTÉS *et al.*, 2008). Estos depósitos se formaron a partir de emisiones de azufre, que disuelto en el agua se combinó con otros elementos (hierro, plomo, zinc) en forma de sulfuros, dando lugar a grandes concentraciones de pirita (FeS₂), galena (PbS) y blenda o esfalerita (ZnS), aunque también de otros minerales (como la calcopirita), algunos de ellos con valiosos metales accesorios (como la plata y el oro) (NAVARRO VÁZQUEZ y RAMÍREZ COPEIRO DEL VILLAR, 1982; DURÁN y NUCHE, 1999; VILLALOBOS MEJÍA y PÉREZ MUÑOZ, 2006). En este complejo minero se encuentra Corta Atalaya, la explotación a cielo abierto más grande de Europa. Su gigantesca elipse, con unas dimensiones de 1200 m de largo, 900 m de ancho y 350 m de profundidad, ha proporcionado inmensas cantidades de metales, principalmente cobre, pero también hierro y manganeso. En sus proximidades se encuentran otros importantes yacimientos, como los de Peña de Hierro, situada en el extremo NO del Anticlinal de Riotinto, a unos 3 km de la localidad de Nerva (Fig. 4 D). Se trata de un yacimiento menor, comparado con el de Riotinto, pero con unas concentraciones metálicas más altas. Debe su nombre al gran crestón ferruginoso de “gossan” (ó montera de hierro, masa rojiza formada por la transformación de los sulfuros originales, principalmente ferruginosos, en compuestos oxidados por un proceso de alteración supergénica) que corona esta mina a cielo abierto (Fig. 4 E). También muy cerca discurre el Río Tinto, cuyas aguas rojizas se caracterizan por su bajo pH, entre 1,7 y 2,5 (muy ácido), y su elevado contenido en metales pesados, hierro mayoritariamente. En ellas viven microorganismos que se alimentan sólo de minerales y se adaptan a entornos extremos. Tales organismos son tanto procariontas como eucariontas, incluyéndose entre los segundos algunas especies de algas y hongos endémicos del río. Este peculiar entorno ha sido escogido por la NASA como hábitat a estudiar por su posible similitud

con el ambiente del planeta Marte (VILLALOBOS MEJÍA y PÉREZ MUÑOZ, 2006; OLÍAS, 2008; AMILS PIBERNAT, 2010).

La **Gruta de las Maravillas**, en Aracena, es una espectacular cavidad originada por la acción erosiva de las aguas sobre la roca caliza (Fig. 4 F). Se sitúa en el interior de la Sierra de Aracena, perteneciente a la Zona de Ossa-Morena del Macizo Hespérico, afectando a rocas carbonatadas del Cámbrico, concretamente a mármoles. La longitud total conocida de este complejo subterráneo es de 2130 m, presentando un desarrollo horizontal relacionado con la dirección de la estratificación. Las galerías se distribuyen en tres niveles, de los cuales el inferior es activo, es decir, se encuentra inundado. Este nivel representa el de karstificación actual, debajo del cual el proceso de corrosión es dominante frente al de precipitación. Parte de la acción corrosiva de las aguas puede relacionarse con la abundancia de mineralizaciones de sulfuros (pirita) en la roca encajante. En el segundo nivel, situado a unos 10-20 m del anterior, se encuentran numerosas salas y galerías, la gran mayoría de ellas adornadas de espectaculares espeleotemas, constituyendo la parte más visitada de la cavidad. Características muy parecidas se encuentran en el nivel más alto, situado a unos 25 m por encima del anterior. La Gruta de las Maravillas destaca por el desarrollo de sus espeleotemas, relacionados con aguas termales. En ella, la belleza de los lagos interiores, la amplitud de los espacios y la coloración de las variadísimas formaciones de estalactitas verticales y excéntricas, estalagmitas, coladas, cortinas listadas, aragonitos (algunos de ellos azulados), coraloides y “gours” constituyen un conjunto subterráneo excepcional. Estas formas, que visten de color el interior de muchas galerías, parecen deber su coloración al elevado contenido en cobre, aunque posiblemente intervengan otros elementos (APALATEGUI ISASA *et al.*, 1984; MARTÍN-ROSALES *et al.*, 1995; DURÁN y LÓPEZ, 1999; DURÁN y NUCHE, 1999; VILLALOBOS MEJÍA y PÉREZ MUÑOZ, 2006; GARCÍA-CORTÉS *et al.*, 2008) (Fig. 4 G). Finalmente, destacar que en Aracena, ciudad fundada en el II milenio a.C., con una amplísima variedad de productos gastronómicos, entre los que destacan sus famosos jamones, además de visitar sus museos (como el de escultura al aire libre) es aconsejable ascender a la Iglesia Prioral y el Castillo, desde donde se puede disfrutar de excelentes vistas de la Sierra de Aracena y su entorno.

AGRADECIMIENTOS

Al Sr. D. Francisco Javier Barroso Diego, por su ayuda en la preparación del itinerario, al Sr. D. Luís Ventura Pereira, por el excepcional reportaje gráfico, a la Sra. Dña. Matilde Lopes de Oliveira Azenha, por su dedicación durante el desarrollo del circuito, y a la Prof. Dra. Graciela Sarmiento Chiesa (Universidad Complutense de Madrid), por sus útiles recomendaciones y sugerencias sobre el manuscrito inicial de este trabajo. A los guías y responsables de los centros y entornos visitados, por su entrega y amabilidad. Trabajo dedicado a los participantes en el itinerario didáctico “Património Natural da Humanidade do Sul de Espanha: seus valores didáticos para as Ciências”, realizado como Acción Formadora para la Associação Portuguesa de Professores de Biologia e Geologia entre los días 21 y 29 de Marzo de 2013 (Fig. 4H).

BIBLIOGRAFÍA

- Álvarez Cobelas, M. y Cirujano, S., Eds. 1996. *Las tablas de Daimiel: ecología acuática y sociedad*. Organismo Autónomo Parques Nacionales, Madrid, 368 págs.
- Álvarez Cobelas, M.; Moreno, M.; Ortega Bernaldo de Quirós, E.; Cirujano, S.; Rodrigo, M.A.; Medina, L.; Sánchez, S.; Rojo, C.; Riobos, P. y Angeler, D.G. 2000. Las Tablas de Daimiel: avatares de un humedal europeo. *Quercus*, 178: 16-25.
- Amils Pibernat, R. 2010. *Río Tinto... Viaje a Marte*. Ediciones Alfar, S.A., Sevilla, 212 págs.
- Anía, E.; Viñuales, E.; García, M. y Tornos, A. 2004. *Parques Nacionales de montaña*. Organismo Autónomo Parques Nacionales del Ministerio de Medio Ambiente, Madrid, 213 págs.
- Apalategui Isasa, O.; Barranco Serrano, E.; Contreras Vázquez, F.; Delgado Quesada, M. y Roldán García, F. J. 1984. *Memoria del Mapa Geológico de España 1:50.000*, Hoja 917, Aracena. Instituto Geológico y Minero de España, Madrid, 100 págs.
- Bargalló, M. 1924. Notas sobre algunos paseos escolares. La topografía local y sus agentes modeladores. *Revista de Escuelas Normales*, 17 y 18: 230-232.
- Bargalló, M. 1934. *Paseos y excursiones escolares. Estudio de la naturaleza*. Vida Escolar, 17, 18 y 19, Ediciones Sardá, Guadalajara, 83 págs.
- Blanca, G. 2001. *Flora amenazada y endémica de Sierra Nevada*. Consejería de Medio Ambiente de la Junta de Andalucía y Universidad de Granada, Granada, 407 págs.
- Cano Medina, F. 1990. *Memoria del Mapa Geológico de España 1:50.000*, Hoja 1038, Ardales. Instituto Geológico y Minero de España, Madrid, 56 págs.
- Cañizares Ruiz, M. C. 2008. El atractivo turístico de una de las minas de mercurio más importantes del mundo: el 'Parque Minero de Almadén' (Ciudad Real). *Cuadernos de Turismo*, 21: 9-31.
- Cirujano, S. y Medina, L. 2002. *Plantas acuáticas de las lagunas y humedales de Castilla-La Mancha*. CSIC-Junta de Comunidades de Castilla-La Mancha, 340 págs.
- Defalque, G. 1976. *Memoria del Mapa Geológico de España 1:50.000*, Hoja 788, El Bonillo. Instituto Geológico y Minero de España, Madrid, 17 págs.
- Díaz de Federico, A.; Puga, E.; Burgos, J.; Gallegos, J.A. y Sanz de Galdeano, D. 1980. *Memoria del Mapa Geológico de España 1:50.000*, Hoja 1027, Güéjar-Sierra. Instituto Geológico y Minero de España, Madrid, 53 págs.

- Durán, J. J. y López J., Eds. 1999. *Karst en Andalucía*. Instituto Tecnológico Geominero de España, Madrid, 192 págs.
- Durán, J. J. y Nuche, R., Eds. 1999. *Patrimonio Geológico de Andalucía*. Enresa, Llanera, 357 págs.
- Ezquerro del Bayo, J. 1850. Escursión (sic) geológica desde Hiendelaencina á (sic) Trillo y á (sic) Ablanque, en la parte de la provincia de Guadalajara conocida con el nombre de Alcarria. *Revista minera*, 1: 289-299.
- Ezquerro del Bayo, J. 1851. Escursión (sic) geológica de los Sres de Verneuil, Prado y Lorieère por los partidos de Albarracín y Molina. *Revista Minera*, 2: 443-446.
- García Canseco, V., Coord. 1997. Parque Natural Lagunas de Ruidera. *Ecohábitat*, Madrid, 395 págs.
- García Canseco, V., Coord. 1998. *Parque Nacional Las Tablas de Daimiel*. Esfagnos, Talavera de la Reina, 494 págs.
- García Canseco, V., Coord. 2001. *Parque Nacional Sierra Nevada*. Esfagnos, Talavera de la Reina, 300 págs.
- García Canseco, V., Coord. 2002. *Parque Nacional Doñana*. Esfagnos, Talavera de la Reina, 430 págs.
- García Canseco, V. y Asensio Nistal, B. 2004. *La Red de Parques Nacionales de España*. Canseco Editores, S.L. y Organismo Autónomo Parques Nacionales del Ministerio de Medio Ambiente, Madrid, 507 págs.
- García Rodríguez, M. 1996. *Hidrogeología de Las Tablas de Daimiel y de los Ojos del Guadiana. Bases para una clasificación funcional de humedales ribereños*. Tesis Doctoral, Facultad de Ciencias Geológicas, Universidad Complutense de Madrid, Madrid, 437 págs.
- García-Cortés, A. y Trío Maseda, A. 1994. *Memoria del Mapa Geológico de España 1:50.000, Hoja 928, Cazorla*. Instituto Geológico y Minero de España, Madrid, 61 págs.
- García-Cortés, A.; Águeda Villar, J. A.; Palacio Suárez-Valgrande, J. y Salvador González, C.I., Eds. 2008. *Contextos geológicos españoles. Una aproximación al patrimonio geológico español de relevancia internacional*. Publicaciones del Instituto Geológico y Minero de España, Madrid, 235 págs.
- García-Hidalgo, J. F.; Temiño, J.; Bustamante, I. de y Segura, M. 1995. Evolución sedimentaria reciente de las Tablas de Daimiel (Ciudad Real). *Geogaceta*, 18: 87-89.

- García-Sansegundo, J.; Lorenzo Álvarez, S. y Ortega, E. 1987. *Memoria del Mapa Geológico de España 1:50.000*, Hoja 808, Almadén. Instituto Geológico y Minero de España, Madrid, 60 págs.
- Gibbons, W. y Moreno, T., Eds. 2002. *The Geology of Spain*. The Geological Society, London, 649 págs.
- Gil-García, M. J.; Ruiz-Zapata, M. B.; Mediavilla López, R, Santisteban, J. I.; Domínguez-Castro, F. y Dabrio González, C. 2008. Registro de los cambios humanos y naturales en el humedal de las Tablas de Daimiel (Ciudad Real. España). *GeoTemas*, 10: 1471-1474.
- González Martín, J. A. y Vázquez González, A., Coords. 1998. *Guía de Castilla la Mancha. Espacios naturales*. Junta de Comunidades de Castilla-La Mancha, Toledo, 740 págs.
- Hernández Pacheco, E. 1911. Itinerario geológico de Toledo á Urda. *Boletín de la Real Sociedad Española de Historia Natural*, 11: 379-381.
- Hernández Pacheco, E. 1912. Itinerario geológico de Toledo á Urda. *Trabajos del Museo de Ciencias Naturales*, 1: 1-46.
- Higueras, P.; Oyarzun, R.; Munhá, J. y Morata, D. 2000. The Almadén metallogenic cluster (Ciudad Real, Spain): alkaline magmatism leading to mineralization process at an intraplate tectonic setting. *Revista de la Sociedad Geológica de España*, 13: 105-119.
- Leiva Cabello, F. y Pastor González, F. 1975. *Memoria del Mapa Geológico de España 1:50.000*, Hoja 1033, Palacio de Doñana. Instituto Geológico y Minero de España, Madrid, 36 págs.
- Lotze, F. 1945. Zur Gliederung der Varisciden der Iberischen Mesetas. *Geotektonische Forschungen*, 6: 78-92. Traducción española por Ríos, J.M. 1950. Observaciones respecto a la división de las Variscides de la Meseta Ibérica. *Publicaciones extranjeras sobre geología de España*, 5: 149-166.
- Martín Algarra, A. 1987. *Evolución geológica alpina del contacto entre las Zonas Internas y las Zonas Externas de la Cordillera Bética*. Tesis Doctoral, Facultad de Ciencias, Universidad de Granada, Granada, 1171 págs.
- Martín-Rosales, W.; López-Chicano, M. Rodríguez, C.M. y Pulido-Bosch, A. 1995. Morfología, espeleotemas y climatología de la "Gruta de las Maravillas" (Aracena, Huelva). *Espeleotemas*, 5: 51-62.
- Mediavilla López, R., Ed. 2012. *Las Tablas de Daimiel: Agua y Sedimentos*. Instituto Geológico y Minero de España, Madrid, 285 págs.

- Merten, R. 2012. Itinerario geológico de Toledo a Urda, un siglo después. *Boletín de la Real Sociedad Española de Historia Natural, Sección Geológica*, 106: 105-125.
- Montero González, E. 2000. *Contribución al estudio de la geometría y los límites del acuífero del Campo de Montiel*. Instituto de Estudios Albacetenses, Albacete, 177 págs.
- Navarro Vázquez, D. y Ramírez Copeiro del Villar, J. 1982. *Memoria del Mapa Geológico de España 1:50.000*, Hoja 938, Nerva. Instituto Geológico y Minero de España, Madrid, 68 págs.
- Nuche, R., Ed. 2003. *Patrimonio Geológico de Castilla-La Mancha*. Enresa, Llanera, 613 págs.
- Olías, M. 2008. *Geología de Huelva. Lugares de interés geológico*. Facultad de Ciencias Experimentales, Universidad de Huelva, Huelva, 258 págs.
- Ordóñez, S.; González, J. A. y García del Cura, M. A. 1986. Sedimentación carbonática actual y paraactual en las Lagunas de Ruidera. *Revista de Materiales y Procesos Geológicos*, 4: 229-255.
- Pajarón Sotomayor, S. y Escudero Alcántara, A. 1993. *Guía botánica de las sierras de Cazorra, Segura y Alcaraz*. Pirámide, Madrid, 327 págs.
- Palero, F. 2002. La Mina de Almadén. Las otras riquezas del venero inagotable. *Bocamina*, 10: 4-20.
- Portero, J. M. y Ramírez, J. I. 1988. *Memoria del Mapa Geológico de España 1:50.000*, Hoja 760, Daimiel. Instituto Geológico y Minero de España, Madrid, 58 págs.
- Rincón, P. J.; Montero, E. y Vegas, R. 2001. Marco tectónico de la unidad hidrogeológica del Campo de Montiel (provincias de Ciudad Real y Albacete, España central). *Revista de la Sociedad Geológica de España*, 14: 213-225.
- Rivas Martínez, S. 1987. *Memoria del mapa de series de vegetación de España 1: 400.000*. ICONA, Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, Madrid, 268 págs.
- Rodríguez Jiménez, F.L. 1990. *Parque Nacional de Doñana: Guía*. Ediciones Rodilla, Madrid, 170 págs.
- Romero González, M. 2001. *Fauna de vertebrados. Torcal de Antequera*. Editorial Aneax, Málaga, 168 págs.

- Ruiz Ruiz, A.; Cárcaba Pozo, A.; Porras Crevillen, A. I. y Arrébola Burgos, J. R. 2006. *Caracoles terrestres de Andalucía. Guía y manual de identificación*. Fundación Gypaetus, Sevilla, 303 págs.
- Ruiz-Ortiz, P.A.; Molina, J. M.; Nieto, L. M.; Castro, J. M. y Gea, G. A. de, Eds. 2001. *Itinerarios geológicos por el Mesozoico de la provincia de Jaén*. Departamento de Geología, Universidad de Jaén, 128 págs.
- Saldanha, L. 2003. *Fauna Submarina Atlântica*. Publicações Europa-América, Lisboa, 360 págs.
- Santolalla Fragero, F. 2009. *Parques y reservas naturales de España*. Real del Catorce Editores, D.L., Madrid, 381 págs.
- Segura, M. y Gomis, A. 2011. Las comunicaciones paleontológicas de Modesto Bargalló presentadas en la Real Sociedad Española de Historia Natural. *Boletín Real Sociedad española Historia Natural*, 106: 85-98.
- Suardiáz, L. y Alquife, M. 1990. *Parque Natural de Cazorla, Segura y las Villas: Guía*. Ediciones Rodilla, Madrid, 207 págs.
- Templado, J. 1993. *Fauna marina circalitoral del sur de la Península Ibérica*. Publicación del Museo Nacional de Ciencias Naturales, Madrid, 135 págs.
- Vera, J. A., Ed. 2004. *Geología de España*. Sociedad Geológica de España e Instituto Geológico y Minero de España, Madrid, 884 págs.
- Vidal Romaní, J. R. 1992 a. *Cuadernos de campo de Guillermo Schulz*, nº 1 (Septiembre- Noviembre de 1832). Ediciós de Castro, O Castro, Sada, La Coruña, 262 págs.
- Vidal Romaní, J.R. 1992b. *Cuadernos de campo de Guillermo Schulz*, nº 2 (Septiembre- Octubre de 1833). Ediciós de Castro, O Castro, Sada, La Coruña, 282 págs.
- Villalobos Mejía, M. y Pérez Muñoz, A.B. 2006. *Geodiversidad y Patrimonio Geológico de Andalucía*. Junta de Andalucía, Consejería de Medio Ambiente, Sevilla, 326 págs.
- Villar Díez, C. 2007. *El archivo histórico de Minas de Almadén y su contribución a la recuperación del patrimonio histórico*. Jornadas de Patrimonio Industrial y la Obra Pública, Actas, 71: 155-168.

Recibido: 2 abril 2014.

Aceptado: 9 diciembre 2014.