

CAPÍTULO 2

MEDIO



Físico

CONTEXTO

SIERRA ESPUÑA Y SU ENTORNO

Francisco López Bermudez

Las montañas son lugares en donde confluye el cielo y la tierra, obras magníficas de la naturaleza que con sus sorprendentes y espectaculares orografías, han infundido admiración, atracción e inspirado a poetas y artistas. En muchos lugares del mundo, las montañas han tenido y tienen un influjo místico como lugares sagrados. En la Región de Murcia varios santuarios y ermitas se hallan en montañas: La Santa y Santa Leocadia (Sierra Espuña, Totana), Nuestra Señora de los Dolores (Sierra Espuña, El Berro, Alhama de Murcia), Santa Ana (Sierra de Santa Ana, Jumilla), Virgen de La Rogativa (Sierra de Revolcadores, Moratalla), Casa del Cristo del Rayo (Sierra de Los Álamos, Moratalla), Nuestra Señora del Oro (Sierra del Oro, Abarán), Virgen de la Salud (Sierra de la Tercia, Lorca), La Fuensanta (Sierra de Carrascoy-El Valle).

Sierra Espuña y los relieves de su entorno, sierras, depresiones, valles y corredores pertenecen al ámbito geológico de las Cordilleras Béticas, son testimonios de la evolución y manifestación más visible de las poderosas fuerzas tectónicas en acción que levantaron su arquitectura, y de los dilatados períodos de tiempo en los que han operado los procesos erosivos. El conjunto de sierras distribuidas por el centro de la región, tiene una historia geológica y geomorfológica complicada, por un lado, por el gran número de unidades tectónicas de carácter cabalgante y pliegues y, por otro, por los procesos de modelado que han configurado paisajes de alto interés como valles, abarrancamientos, karst, pedrizas, glaciares, conos aluviales, etc. El armazón de las sierras está constituido, básicamente, por calizas y dolomías de edad jurásica, mientras que depresiones y valles presentan un abigarrado conjunto de facies margosas, arcillosas, limosas, arenosas y conglomeráticas.

Los rasgos fundamentales de los paisajes de las montañas de la región, derivan de la altitud, orientación, exposición y de la geometría de sus relieves. La altitud y orientación son un obstáculo para los flujos atmosféricos de procedencia atlántica porque desencadenan el conocido *efecto foehn*

o de “sombra pluviométrica”. Las laderas de barlovento reciben más precipitaciones, son más húmedas y tienen mayor cobertura de vegetación. Mientras que las vertientes de sotavento, las situadas a espaldas de las masas de aire húmedas del Atlántico, afectadas por vientos cálidos y secos, registran fuertes tensiones hídricas, la humedad del suelo es pobre y la vegetación escasa y rala. La exposición refleja el evidente contraste entre solana (orientación al Sur) y umbría (orientación al Norte). Las laderas al mediodía son pobres en vegetación y, los suelos despojados de la cobertura vegetal sufren los efectos erosivos de las lluvias intensas y en gran parte han desaparecido; entonces el material parental aflora en superficie y cuando el suelo es erosionado, cuando el “suelo muere”, las piedras afloran en superficie y sobre ellas es prácticamente imposible que pueda haber vegetación alguna. Los efectos combinados de estos factores, de las dualidades barlovento-sotavento y umbría-solana, pueden ser observados en todas las sierras y montes de la región.

Por otro lado, el descenso de la temperatura del aire con la altitud es un fenómeno conocido. En la Región de Murcia, los valores del gradiente térmico de sus montañas, variable en el tiempo y espacio, se sitúa entre 0.4 y 0.7 °C de media para cada 100 metros de ascensión. Este factor combinado con la latitud, orientación, exposición y geometría del relieve va a dar como resultado un escalonamiento de los componentes climáticos y biogeográficos, son los llamados “pisos morfobioclimáticos”. Se caracterizan por su limitación espacial y, sobre todo por una discontinuidad o frontera entre unos y otros. Los imponentes relieves de Sierra Espuña, Revolcadores, El Carche y El Gigante, ofrecen buenos ejemplos de estos pisos morfo y bioclimáticos.

Sierra Espuña y las demás montañas de la región, son los paisajes más espectaculares y de mayor envergadura territorial de la región, lugares donde, desde su cima, se contemplan unos panoramas limpios, luminosos, bellos y refrescantes. Pero también sus paisajes y los de su entorno, son producto de la intervención humana durante



LAS MONTAÑAS, GIGANTES DE LA NATURALEZA, SON LUGARES MÍTICOS Y MÍSTICOS DE LA TIERRA, Y LOS MÁS CERCANOS AL CIELO. CRESTAS DE LOS MORRONES DE TOTANA Y ALHAMA (AL FONDO), VISTAS DESDE CERCA DE LA CUMBRE A UNOS 1.550 METROS DE ALTITUD. MAG.



FUENTE DEL HILO. FLB.



FUENTE DEL SOL.FLB.

milenarios. Desde el Neolítico, hace unos 6.000-5.500 años, el hombre ha ido interviniendo y configurando el territorio, de forma creciente, hasta llegar a los paisajes de montaña mediterránea actuales. Los paisajes naturales de las sierras de la región han sido creados por complejos procesos biofísicos ligados a la tectónica, a las fuerzas gravitatorias, a la meteorología, al clima cambiante y a la cobertura vegetal. Sobre estos escenarios ha actuado la acción humana alterando la fisonomía original mediante deforestaciones, roturaciones, reforestaciones, aterrazamientos, abancalamientos, agotando manantiales, modificando las redes de drenaje, etc.

Las montañas de la región y, sobre todo Sierra Espuña, son reservas de biodiversidad y cultura, son una biblioteca de la naturaleza y de la acción humana sobre ella, son la memoria del territorio en la que se funden los recursos naturales y

culturales en un todo. Además, las sierras, sobre todo la de Espuña, son depósitos de agua al hallarse en ellas un gran número de manantiales que drenan los acuíferos: Fuente de Santa Eulalia, Fuente Rubeos, Fuente del Hilo, Fuente de la Perdiz, Fuente del Sol, Fuente del Piojo, Fuente Alta, Fuente Blanca, Fuente Bermeja, Fuente de la Portuguesa, Fuente de Prado Chico, Fuente de Malvariche, Fuente de los Pozos de Nieve, Fuente de la Carrasca, Fuente Perona, Fuente de El Pinillo, Fuente de Valdelaparra, Fuente de las Zorras, Fuente del Infierno, Fuente del Purgatorio, Fuente de la Sufrida, Fuente de Carmona, Fuente de las Alquerías y Fuente Seca. Sin embargo, en muchas de estas y otras fuentes ha dejado de manar agua a causa de la sobreexplotación de los acuíferos y, en otros casos, han sido entubadas o cerradas para aprovechamiento agrícola. Los paisajes de montaña suelen ser los más apreciados por la gente, por su energía, biodiversidad y belleza, por eso, los



FUENTE CEQUICAS (EL BERRO). FLB.

Parques Regionales más conocidos y visitados de la región son los de Sierra Espuña y Carrascosy-El Valle. Sin embargo, por todo el territorio regional existen otros paisajes de interés medioambiental poco conocidos y apreciados. Entre ellos, los soberbios paisajes de cárcavas, barrancos y ramblas. Los valles secos drenados por corrientes de agua intermitentes, se hallan por todo el entorno de Sierra Espuña y por toda el área regional al hallarse bajo condiciones semiáridas mediterráneas caracterizadas por una pluviometría irregular. Bajo esta característica climática, la escorrentía superficial, en la casi totalidad de los cauces, está controlada casi exclusivamente por las lluvias y llevan agua bien por las precipitaciones estacionales o porque algunos están conectados a acuíferos. Son los casos de los ríos de la región Alhárabe, Benamor, Argos, Quípar, Mula, Luchena y Guadalentín. Sólo el río Segura escapa a este control pluviométrico regional, ya que su cabecera se halla

en las montañas del suroeste de la provincia de Albacete más húmedas que las murcianas. Además, el río se beneficia de la descarga de acuíferos como el del Borbotón en Los Almadenes (Cieza).

En el entorno semiárido de Sierra Espuña, ramblas y barrancos constituyen uno de los más importantes sistemas dinámicos al generar altos coeficientes de escorrentía y contribuir a causar abultadas avenidas en los ríos Guadalentín, Pliego y Mula. Además, estos cauces efímeros producen altas tasas de sedimentos. Poderosas ramblas drenan laderas y entornos de la sierra, por el Norte la de Calvillo, de Pedro y de la Pendencia; por el Sur la Calzona, del Gitano, Sisquilla, de los Frailes y los Arcos, por el Este la del Molino y Algeciras y por el SSO la potente rambla de Lebor. Esta, en su tramo medio presenta un paraje excepcional: el Estrecho de la Agualeja. Se trata de un



ESTRECHO DE LA AGUALEJA. *FLB.*

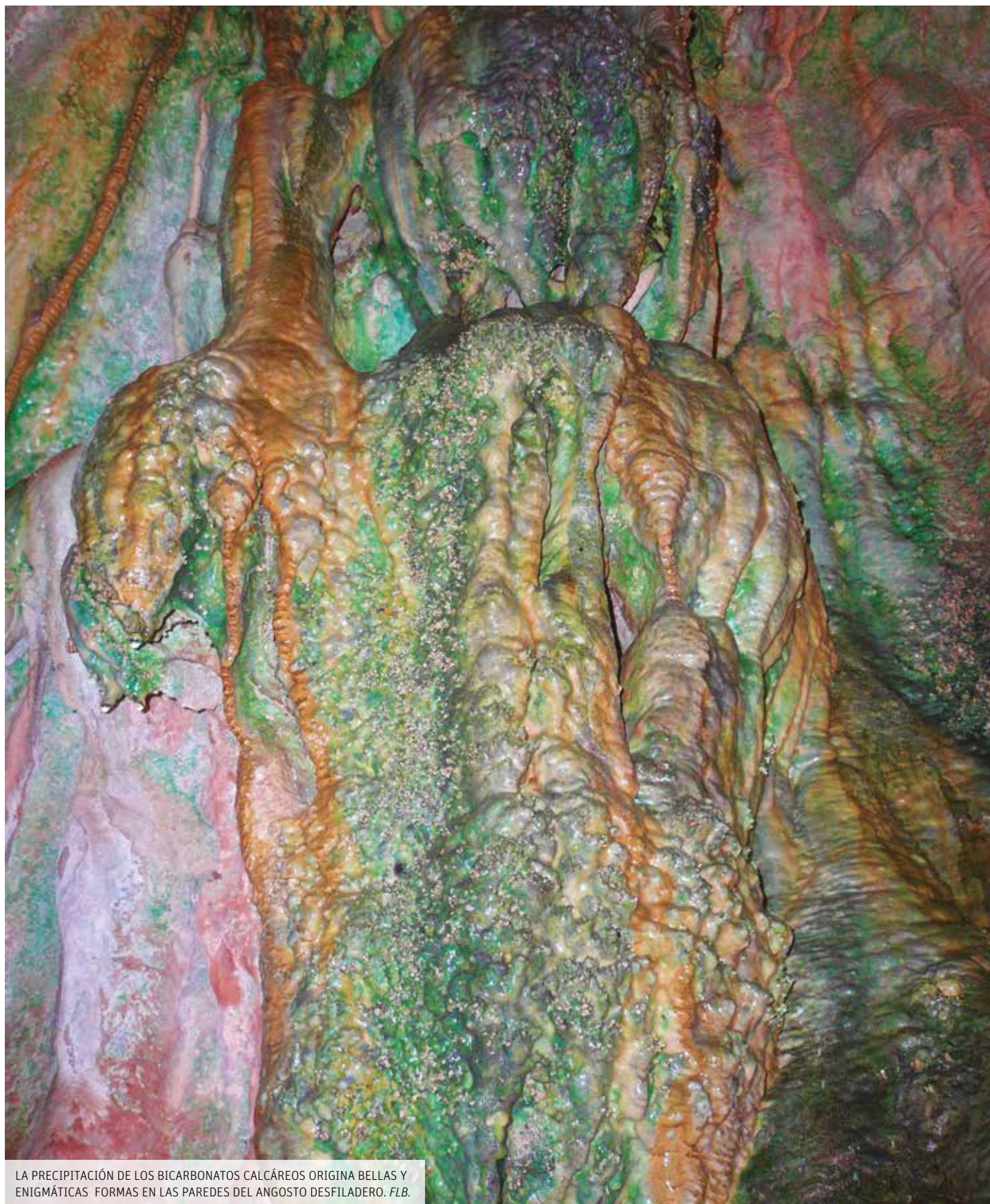


ALVEOLOS EN FORMA DE PANEL DE ABEJAS SOBRE PARED VERTICAL DE ARENISCAS, MÁS ABAJO DEL ESTRECHO DE LA AGUALEJA. FLB.

angosto desfiladero labrado por el agua en los masivos conglomerados de su geología, en los que pueden identificarse depósitos deltaicos y arrecifes coralinos de un mar antiguo, de hace millones de años. La humedad reinante en su interior, el goteo y el agua que discurre por sus paredes, da lugar a un tapiz de musgo y vegetación hidrófila, además de la formación de travertino y geoformas karsticas parietales. En el exterior, aguas abajo y a corta distancia, en la pared verticalizada de la margen izquierda, la meteorización de las areniscas ha originado un interesante y bello conjunto de abrigos y oquedades centimétricas denominadas *alveolos* que, al agruparse dibujan una morfología en panal de abejas. El estrecho es una joya geológica y geomorfológica

esculpida por el agua, herramienta escultórica de la naturaleza y otros mecanismos de meteorización físico-químicos.

Ramblas y grandes barrancos presentan dos sectores diferenciados, en el tramo alto aguas arriba, los cursos se encajan en los materiales con una baja ratio anchura/profundidad y un importante acoplamiento entre canal y laderas, es un tramo de fuerte erosión y transporte de sedimentos. En cambio, aguas abajo, los cauces presentan un alto ratio anchura/profundidad y predomina el aluvionamiento. Los materiales transportados y depositados (bloques, cantos, gravas, arenas, limos y arcillas), pueden llegar a ocupar todo el canal y originar conos



LA PRECIPITACIÓN DE LOS BICARBONATOS CALCÁREOS ORIGINA BELLAS Y ENIGMÁTICAS FORMAS EN LAS PAREDES DEL ANGOSTO DESFILADERO. *FLB.*



LAS RAMBLAS SON PODEROSOS MECANISMOS DE EROSIÓN, ACARREO DE MATERIALES Y DEPOSICIÓN. CON EL TIEMPO, LOS SEDIMENTOS PUEDEN ATERRAR EL VASO DE LOS EMBALSES.
EMBALSE DE ALGECIRAS, BARRANCOS DE GEBAS Y ESPUÑA, AL FONDO. AS.

aluviales y glacis aprovechados por el hombre con cultivos de secano (López Bermúdez, 1998). Ramblas y barrancos son el principal sistema de transporte de sedimento desde las montañas, cerros, montes y laderas hacia los piedemontes, tierras bajas y embalses. En este último caso y con tiempo, originan una importante pérdida en la capacidad de almacenamiento y regulación hidráulica. Los embalses del río Pliego y el de la rambla de Algeciras, en el entorno de la sierra, están registrando este lento e implacable proceso de aterramiento.

Las ramblas han sido, a lo largo de la historia, objeto de colonización por parte del hombre. Los asentamientos humanos actuales y los rescatados por la Arqueología, son testimonio del intenso uso que de estos aparatos hídricos han venido realizando los humanos: desviaciones de sus aguas para el riego por “boqueras”, canalizaciones, perforación de pozos en sus lechos y márgenes, construcción de parcelas de cultivo, uso como senderos de comunicación, extracción de áridos, etc. En resumen,

ramblas, barrancos y también las cárcavas, son sistemas abiertos de procesos-respuesta de un conjunto de interacciones ambientales que dan como resultado una hidrología, morfología y paisaje específicos. Constituyen unos sistemas hídricos estacionales, efímeros, espasmódicos y frecuentemente violentos que han desarrollado complejas redes de drenaje que permanecen secos durante dilatados períodos de tiempo. Son los elementos hidrogeomorfológicos más característicos de los medios semiáridos, unos sistemas de erosión y transporte de sedimentos que, a la vez, pueden servir de indicadores de las fluctuaciones climáticas, de los cambios en los usos del suelo y de las pérdidas de suelo agrícola y forestal que sufre el territorio. La magnitud, frecuencia y dinámica de estas redes hídricas son buenos indicadores de los procesos de erosión y cambio que se han producido y, se siguen produciendo en los ambientes semiáridos mediterráneos de la Región de Murcia.

BARRANCOS DE GEBAS, UN PAISAJE DE SINGULAR INTERÉS GEOMORFOLÓGICO Y BELLEZA ESTÉTICA

Francisco López Bermúdez

Esta área, de casi dos mil hectáreas, encierra uno de los más significativos sistemas geomorfológicos de los ambientes semiáridos de la región, se halla en la cuenca neógena de la rambla de Algeciras, enmarcada por las sierras de Espuña, La Muela y del Cura y, por el flanco septentrional por un conjunto de lomas (del Caballo, del Yesar...) y los llanos de Fuente Librilla. Este flanco Norte ofrece un sistema escalonado de plataformas de erosión encostradas, indicadoras de las distintas fases de encajamiento y dismantelamiento llevadas a cabo por la red fluvial. La costra de estos relieves ha sido levantada y triturada por el agricultor en labores de labranza seculares para los cultivos de secano, almendro sobre todo. Administrativamente, el territorio pertenece a los municipios de Alhama de Murcia y Librilla.

El paisaje abarrancado es la expresión máxima de los procesos de erosión hídrica producida por el vaciado del suelo o sustrato rocoso, por el impacto de las lluvias intensas y escorrentías concentradas que generan, sobre litologías blandas, débilmente cohesionadas como son las arcillas y margas (López Bermúdez, 2007). El proceso origina estrechas incisiones de diversa envergadura que sólo llevan agua durante e inmediatamente después de las fuertes lluvias. Además, este mecanismo asociado a otros procesos físicos han originado una sorprendente diversidad de formas de modelado: barrancos, cárcavas, surcos, regueros, pilares de erosión, resaltos, túneles subsuperficiales, derrumbes, deslizamientos, coladas de barro, etc. El proceso de desarrollo de cárcavas y barrancos es complejo debido a la múltiple causalidad que, por lo general, subyace en el mecanismo. En el análisis de estas geoformas se observa que estos canales suelen alcanzar un punto de equilibrio en el inicio del surco en cabecera

y su crecimiento, para con el tiempo, entrar en una fase de agradación o consolidación como formas más o menos estables que repercuten en la pendiente de las laderas y facilitan la colonización por la vegetación. Posteriormente, la deposición originará un aumento de la pendiente del cauce que dará lugar a una nueva fase de acarcavamiento.

En su compleja génesis y desarrollo, en ocasiones, representan la respuesta del geosistema a actuaciones del hombre, como es el caso de los abancalamientos realizados para cultivos de secano, posteriormente abandonados. La alteración de la estructura de suelo y material parental afecta a la permeabilidad y a los flujos tanto superficiales como subsuperficiales, estos últimos generan un sistema de conductos o túneles cuyo colapso o hundimiento genera cárcavas de paredes verticales en diverso estado de evolución y envergadura. Este tipo de erosión en túnel se le conoce con el término inglés de *pipiing*, aparece, con frecuencia, en el escarpado flanco meridional del espacio abarrancado en donde el gradiente hidráulico es fuerte.

A este complejo paisaje abarrancado de gran espectacularidad, mal llamado “paisaje lunar” se le conoce como *badlands*. No es un desierto sino un territorio rico en geomorfodiversidad y biodiversidad en el que algunas especies de flora y fauna han experimentado adaptaciones que les permiten vivir en un territorio seco más o menos próximo a los espacios con clima desértico. Los Barrancos de Gebas, ofrecen un paisaje de alta significación por su diversidad, calidad estética y visual y, por su interés didáctico. Un paisaje restallante de color, que refleja la luz del Sol como ninguno, que despierta admiración y sensaciones. Por ello, en 1995 fue declarado como *Paisaje Protegido*.



EL BORDE NORTE DE LA CUENCA DE LOS BARRANCOS DE GEBAS PRESENTA UN CONJUNTO DE PLATAFORMAS ENCAJADAS UNAS EN OTRAS, INDICADORAS DE LAS FASES DE EROSIÓN. LA COSTRA CALCÁREA Y EL MATORRAL ACTÚAN COMO PROTECCIÓN, PERO SU DESAPARICIÓN OCASIONA LA RÁPIDA EROSIÓN DE LOS BLANDOS MATERIALES SUBYACENTES. *FLB.*



ESTE PAISAJE ABARRANCADO ES UN LABORATORIO NATURAL QUE PERMITE REALIZAR INTERESANTES Y ATRACTIVAS OBSERVACIONES PARA CONOCER LOS PROCESOS GEOMÓRFICOS LIGADOS AL AGUA Y A LOS MECANISMOS GRAVITATORIOS. COMO PUEDE OBSERVARSE, LA EXPOSICIÓN DE LAS LADERAS ES UNA VARIABLE ESENCIAL EN SU EVOLUCIÓN. LAS ORIENTADAS AL NORTE SE HALLAN CUBIERTAS POR VEGETACIÓN Y ESTÁN MÁS O MENOS ESTABILIZADAS, MIENTRAS QUE LAS ORIENTADAS AL SUR ESTÁN DESNUDAS, SON INESTABLES Y MÁS VULNERABLES A LA EROSIÓN. *FLB.*

SIERRAS DE PEDRO PONCE, CAMBRÓN, TERCIA Y MUELA

Francisco López Bermúdez

Al Noroeste del poderoso relieve de Sierra Espuña se halla un conjunto orográfico de relevante interés geológico, geomorfológico y ecológico (Madroño, Pedro Ponce, Cambrón, Lavia y Burete), sierras que conectan con el valioso ambiente serrano del Noroeste murciano. Los valles y depresiones que separan estas sierras ofrecen unas litologías y formaciones de piedemonte más o menos sensibles a los procesos de erosión como son margas, arcillas, areniscas, conglomerados, depósitos coluviales y aluviales.

Sierra de Pedro Ponce. Largo y empinado relieve que culmina en el Morrón del Ribazuelo, a 1.529 metros de altitud, aunque su vértice geodésico está en La Selva, a 1.521. Otros relieves de interés son el Cerro Ponce (1.443 m), Morra de los Selvares (1.141 m), Morra del Collado del Lobo (1.269 m) y Morra del Barranco de Mula (1.242 m). El flanco occidental es escarpado y conecta con la Sierra Cambrón, mientras el oriental es un valle drenado por barrancos como el de Ponce y poderosas ramblas como la de Calvillo. Esta sierra contiene uno de los pinares más importantes de la región que, junto a carrascales dispersos, constituyen el hábitat de una importante población de rapaces forestales. Es Zona de Especial de Protección para las Aves (ZEPA).

Sierra Cambrón. Se halla al oeste de la de Ponce con cima en los 1.463 m de altitud. Contiene ambientes de interés tales como el paraje y Alto del Calar (1.202 m), los profundos barrancos del Cargador y Arda y su importante masa forestal. Es un territorio ZEPA junto a las sierras de Lavia y Burete. Cambrón, además de su reconocido interés

geomorfológico, botánico y ornitológico tiene interés geológico porque cuenta con uno de los pocos yacimientos de bauxita de España, peculiaridad que dota a la sierra de alto interés petrológico, mineralógico, estratigráfico y paleoclimático.

Sierra de la Tercia. Se halla al SSO de la de Espuña. Desde sus 987 m de altitud máxima se domina un dilatado tramo del Alto Valle del Guadalentín y el extenso Llano de las Cabras que la conecta a la Sierra de Espuña. Está constituida por varias unidades tectónicas pertenecientes a los Complejos Alpujárride y Maláguide, los mismos que afloran en la Sierra de Espuña (Booth y Garcia-Dueñas, 1999). Una red de ramblas y barrancos surcan la sierra, que con los materiales transportados procedentes de la erosión han construido conos detríticos y glaciares, sobre todo en su vertiente meridional. La sierra cuenta con algunos biotopos de notable interés, tales como los de Morra del Águila, Mesa Alta, Cabezo del Buitre, Morra Quemada, La Atalaya y los Blanquizares. Es un destacado refugio natural por lo que está considerada como Lugar de Importancia Comunitaria (LIC).

Sierra de la Muela. Es una modesta montaña al este de la de Espuña que alcanza su mayor altitud en el vértice Muela (633 m). Ofrece un buen ejemplo de relieve asimétrico con fuerte contraste entre la suave ladera norte y la escarpada ladera sur. Esta dualidad umbría-solana origina un desigual paisaje geomorfológico y vegetal. Desde el Mirador de la Muela se puede disfrutar de una soberbia vista de Alhama y su castillo, del sector central del valle del Guadalentín y de la sierra prelitoral de Carrascoy. Goza de figura de protección como “Monte Catalogado de Utilidad Pública”.



VÉRTICE GEODÉSICO LA SELVA. *FLB.*



MAGNÍFICO PAISAJE FORESTAL DE PINARES Y CARRASCAS EL QUE OFRECEN LAS SIERRAS DE PEDRO PONCE Y CAMBRÓN DESDE EL VÉRTICE LA SELVA. *FLB.*



VERTIENTE NORTE DE LA SIERRA DE LA TERCIA O DE CHÍCHAR. ENTRE ESTOS RELIEVES Y EL DE SIERRA ESPUÑA SE HALLAN LAS TIERRAS CULTIVADAS Y ZONAS DE MONTE DE LOS LLANOS DE LAS CABRAS, DE LAS BOJAS Y EL PRADO. *MAG.*



ESCARPADA LADERA MERIDIONAL DE LA SIERRA DE LA MUELA CON TERRAZAS DE REFORESTACIÓN PARA REDUCIR LA EROSIÓN. EN SU PIEDEMONTE SE HALLA UN CONJUNTO DE CONOS ALUVIALES CON BUENOS SUELOS PARA LOS CULTIVOS. *FLB.*



LA UMBRÍA DE LA SIERRA DE LA MUELA OFRECE UN CONTRASTADO PAISAJE DE DENSO PINAR EN LA MITAD SUPERIOR DE LA LADERA Y DE CÁRCAVAS EN LA MITAD INFERIOR, QUE DESMANTELAN EL GLACIS DE EROSIÓN LABRADO SOBRE MARGAS. *MAG.*

LA “ISLA CLIMÁTICA” DE SIERRA ESPUÑA

Salvador Gil Guirado

El macizo de Sierra Espuña es con sus 1.583 ms.n.m. un ejemplo paradigmático de montaña media mediterránea, merced a su posición latitudinal, su altimetría, su relativa proximidad al mar y su ubicación respecto a los principales centros atmosféricos que afectan a la región.

Esta montaña se ubica en la parte centro-sur de la Cuenca del Segura, espacio que participa de una unidad climática diferenciada del resto de climas de la Península Ibérica, asociándose a esta cuenca con el Sureste de España, caracterizado a su vez por la aridez, la irregularidad de las precipitaciones, la acusada sequía estival, la elevada evapotranspiración y las altas cifras de insolación. Sin embargo, la irregularidad de las precipitaciones es la característica más destacable y definitoria de la región, acompañado esto, de unas temperaturas medias templadas con veranos tórridos e inviernos suaves. Aspectos que motivan una aridez climática, sin parangón a nivel continental.

Entre los factores que explican las características climáticas de Sierra Espuña sobresalen: *la circulación general atmosférica*, insertada en las latitudes medias de la fachada occidental del macrocontinente euroasiático; *la proximidad a un mar cálido como el Mediterráneo*; *la cercanía del continente africano*; y *la posición a sotavento de los relieves Béticos*. Este último factor, es el principal causante de los periodos de sequía, a su vez, el Mar Mediterráneo es el responsable máximo de las lluvias torrenciales otoñales y la proximidad del continente africano recrudece todavía más las tórridas temperaturas estivales.

Por su posición latitudinal en la zona templada en torno a los 37º de latitud norte, la Sierra se encuentra en un área de transición entre los climas mediterráneos y los climas semiáridos típicos norteafricanos, anticipando altas temperaturas medias y escasas precipitaciones. No obstante, son los mecanismos de circulación polares y no los tropicales, los que modulan la producción de lluvias en la zona.

A esta modificación del relieve se antepone la de abrigo aerológico respecto al frente polar generado por la corriente en chorro y la relación sinóptica entre el anticiclón de las Azores -al sur- y la depresión de Islandia -al norte-.

El factor orográfico y el efecto föhn, puede citarse como uno de los principales factores que modelan el área al jugar un papel fundamental a la hora de explicar la aridez general. Los vientos húmedos del Oeste tienen que realizar un largo recorrido antes de llegar a la Sierra a donde llegan muy debilitados, perdiendo una parte importante de su humedad en el camino. Por si esto fuera poco, en este tránsito tienen que superar los enérgicos y numerosos relieves de las Cordilleras Béticas, que obligan a un ascenso que hace descender la temperatura y aumentar la condensación, originando nubosidad y precipitaciones en la ladera de barlovento, mientras que por la ladera de sotavento respecto a estas corrientes de flujo zonal, el viento desciende disipando las posibilidades de condensación y aumentando de temperatura. La ladera de barlovento correspondería con las sierras de Cazorla, Segura y Alcaraz cuando los vientos tienen un componente Oeste, y Sierra Nevada, Sierra de María y Los Filabres, cuando el flujo es de origen Suroeste. La ladera de sotavento, sería el espacio de la Cuenca del Segura, al sureste y noroeste de estos relieves.

La presencia del Mar Mediterráneo al este, introduce aún más peculiaridades al clima de Espuña. La primera en cuanto a las temperaturas, templadas y atemperadas todo el año por el calentamiento estival de las aguas mediterráneas y la inercia térmica que arrastran, fruto de su mayor calor específico respecto al de la tierra circundante.

La segunda peculiaridad es en cuanto a las precipitaciones, debido a las situaciones sinópticas que el Mediterráneo per se es susceptible de generar, a lo que se añade, la modificación que implementa a las masas de aire de otras procedencias. Sin embargo, el principal factor de acción climática, es el relacionado con el hecho de suponer esta masa de agua un gran reservorio de energía calorífica

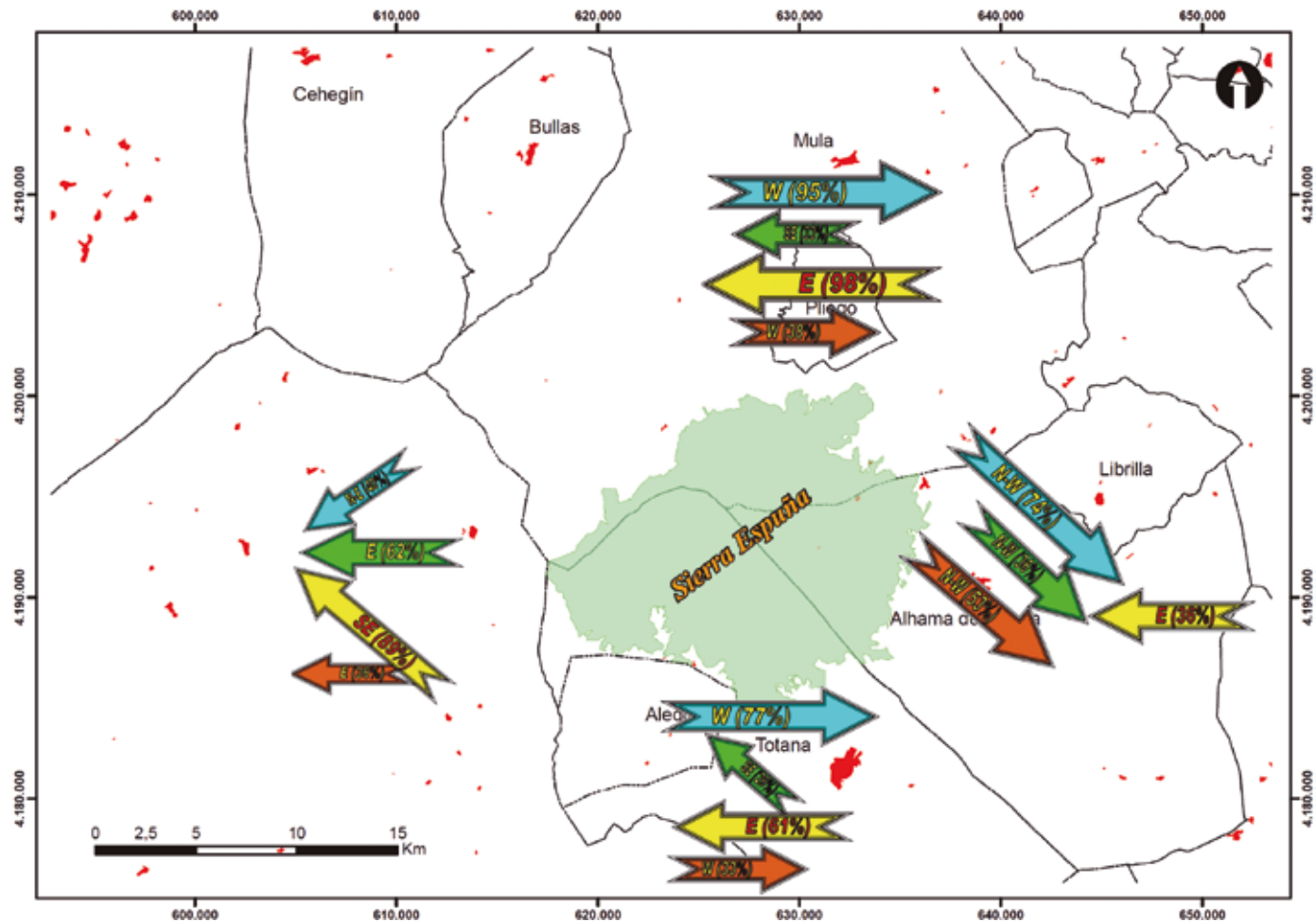


FIGURA 1. VIENTOS DOMINANTES SEGÚN ESTACIÓN DEL AÑO EN EL SECTOR DE SIERRA ESPUÑA.

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA A PARTIR DE LOS DATOS SIAM.

*LAS FECHAS SON PROPORCIONALES AL PORCENTAJE DE VIENTO DOMINANTE EN UNA DETERMINADA ESTACIÓN.

**LAS FLECHAS EN AZUL HACEN REFERENCIA AL INVIERNO, EN VERDE A LA PRIMAVERA, EN AMARILLO AL VERANO Y EN NARANJA AL OTOÑO.

y humedad que constituye la génesis de los Sistemas Convectivos de Mesoescala (SCM) que se presentan desde fines de verano hasta el otoño. Los SCM suponen una parte primordial de las aportaciones pluviométricas (Quereda, Montón Chiva y Escrig Barberá, 2002) y están en la génesis de los episodios de lluvia torrencial que provocan las frecuentes inundaciones que afectan al área.

La proximidad del desierto de Sahara separado de Sierra Espuña por unos escasos 500 km, es motivo de la frecuente irrupción estival de masas de aire sahariano, cálidas y secas, con circulación meridiana y que producen severas olas de calor. Además de olas de calor, tiempo tórrido y seco, esta masa desértica aporta grandes cantidades de polvo en suspensión que suponen verdaderas calimas y que durante episodios tormentosos, dan lugar a "lluvias de barro".

Por otro lado, la influencia continental euro-asiática, que con su enorme masa terrestre modifica la circulación general atmosférica, es responsable de que durante el invierno la falta de corrientes ascendentes por las bajas temperaturas, den lugar a un potente anticiclón térmico en superficie sobre el noroeste de Europa (anticiclón centroeuropeo o siberiano), cuyos vientos impactan en la zona, siendo los responsables de las olas de frío invernales y de las temperaturas bajas más extremas en Sierra Espuña.

La robustez morfológica de la Península Ibérica, también supone un importante factor climático al actuar como microcontinente que modifica la circulación zonal. Los casi 600.000 km² de la masa terrestre peninsular, hacen que durante el invierno el enfriamiento del aire próximo a la superficie terrestre, interrumpa la convección y se genere un anticiclón térmico, que da lugar a tiempo estable y frío. Hecho que atribuye cierto carácter continental al conjunto del clima de Espuña.

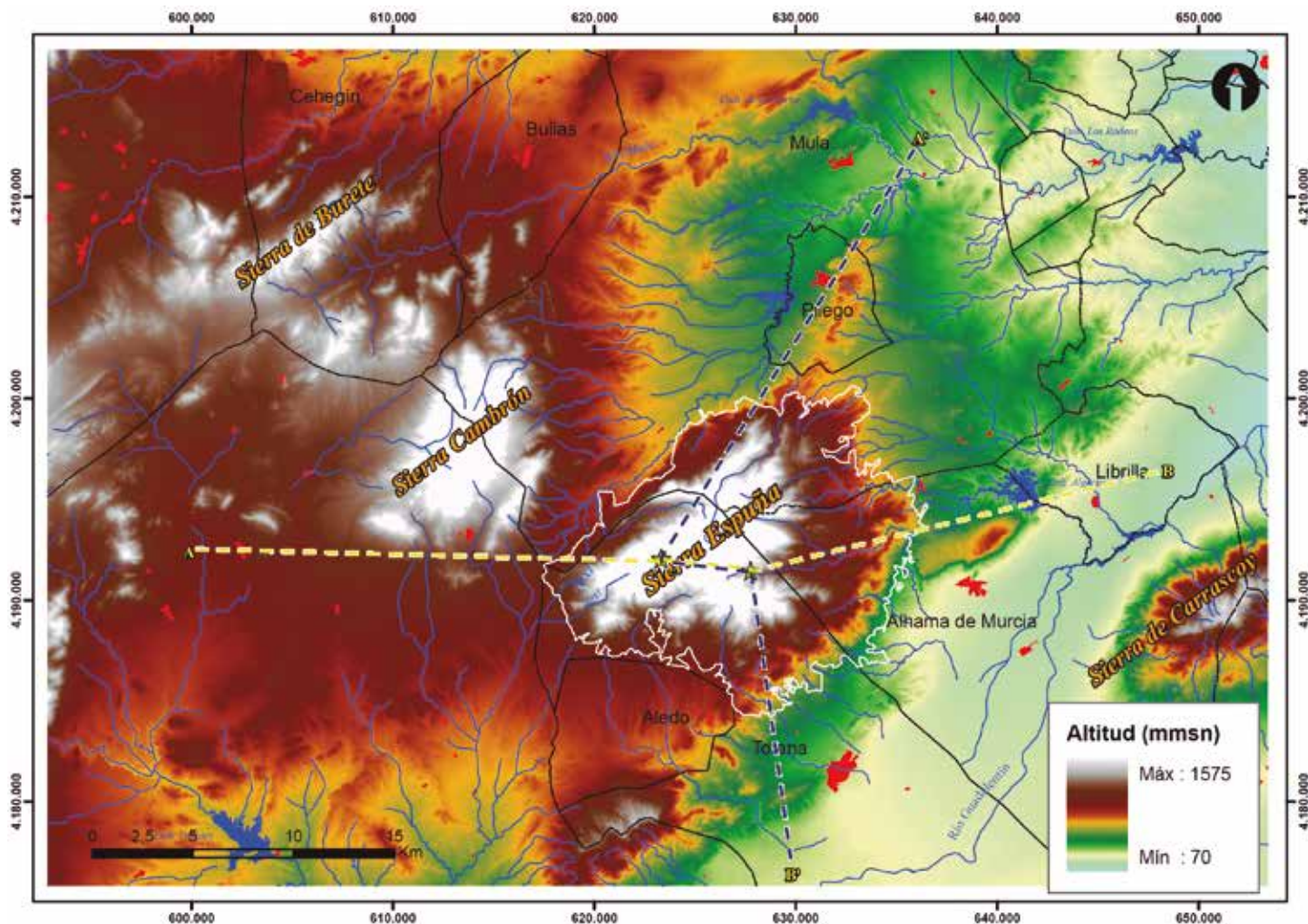


FIGURA 2. MAPA DE ALTITUDES EN EL SECTOR DE SIERRA ESPUÑA. FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.

Estas características derivan en unos tipos de tiempo dominantes en Sierra Espuña, que dependen principalmente del tipo de flujo ventoso, atendiendo a su dirección, naturaleza ciclónica o anticiclónica, humedad, temperatura, etc. De esta manera, los principales tipos de tiempo que afectan a la montaña se derivan de los que inciden con mayor importancia en la Cuenca del Segura (Alonso Sarría, 2007):

Advección del Suroeste

Procede de un flujo marítimo polar de retorno que penetra por el Estrecho de Gibraltar o Valle del Guadalquivir. Es motivo de fuertes vientos de componente W. Provoca tiempo nuboso y escasas precipitaciones. Afecta sobre todo durante el invierno y la primavera.

Advección del Noreste

Se produce durante el invierno y en menor medida la primavera. Los flujos de viento proceden del norte y centro de Europa o noreste de Rusia, debido a la entrada de vientos generados en los anticiclones térmicos invernales. Conjugado este anticiclón con la presencia de una borrasca sobre el Mediterráneo Central, se produce una entrada de vientos de origen N, humedecidos por su tránsito marítimo, que dan lugar a una fuerte bajada de temperaturas y precipitaciones en forma de nieve.

Advección del Este

Con esta situación se producen la mayor parte y los más importantes episodios de precipitación intensa. La situación sinóptica informa de un anticiclón en Centro Europa y una depresión sobre el Norte de África. Si esta situación

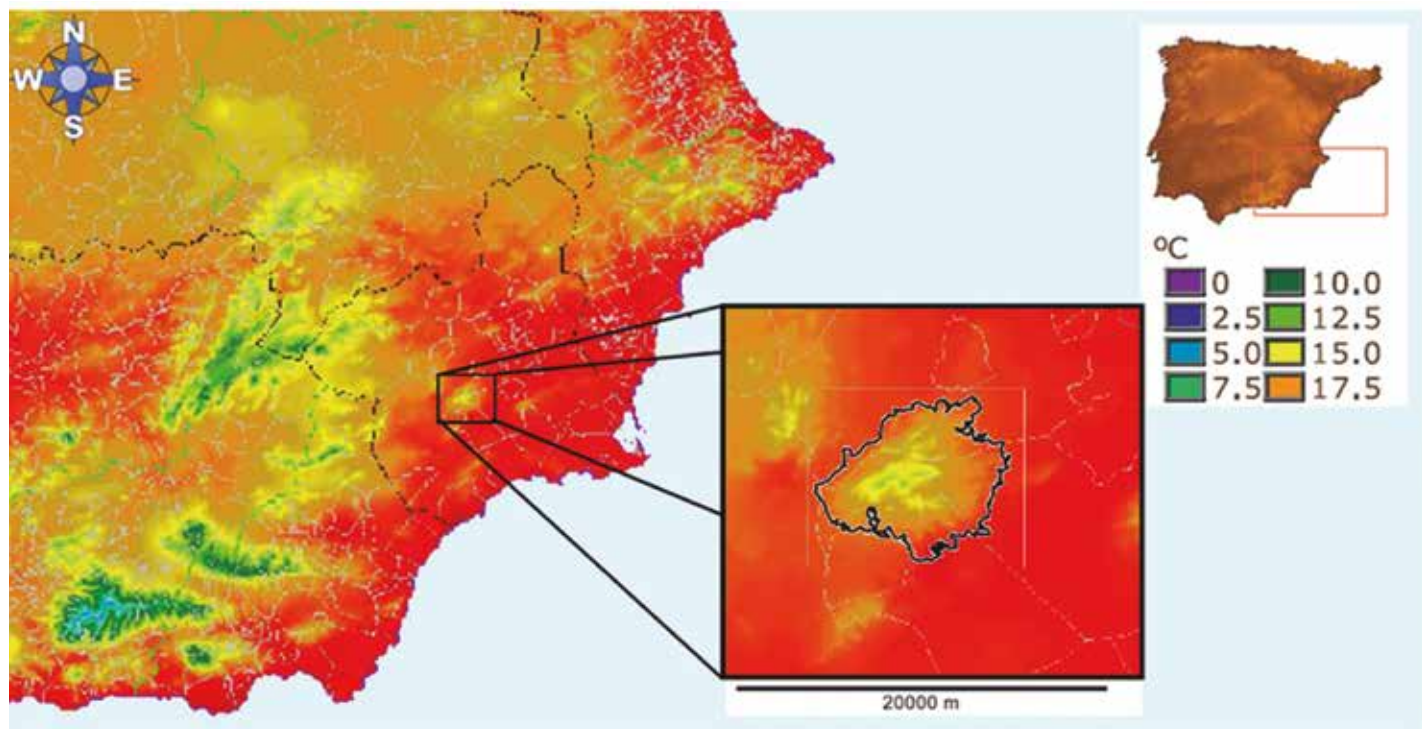
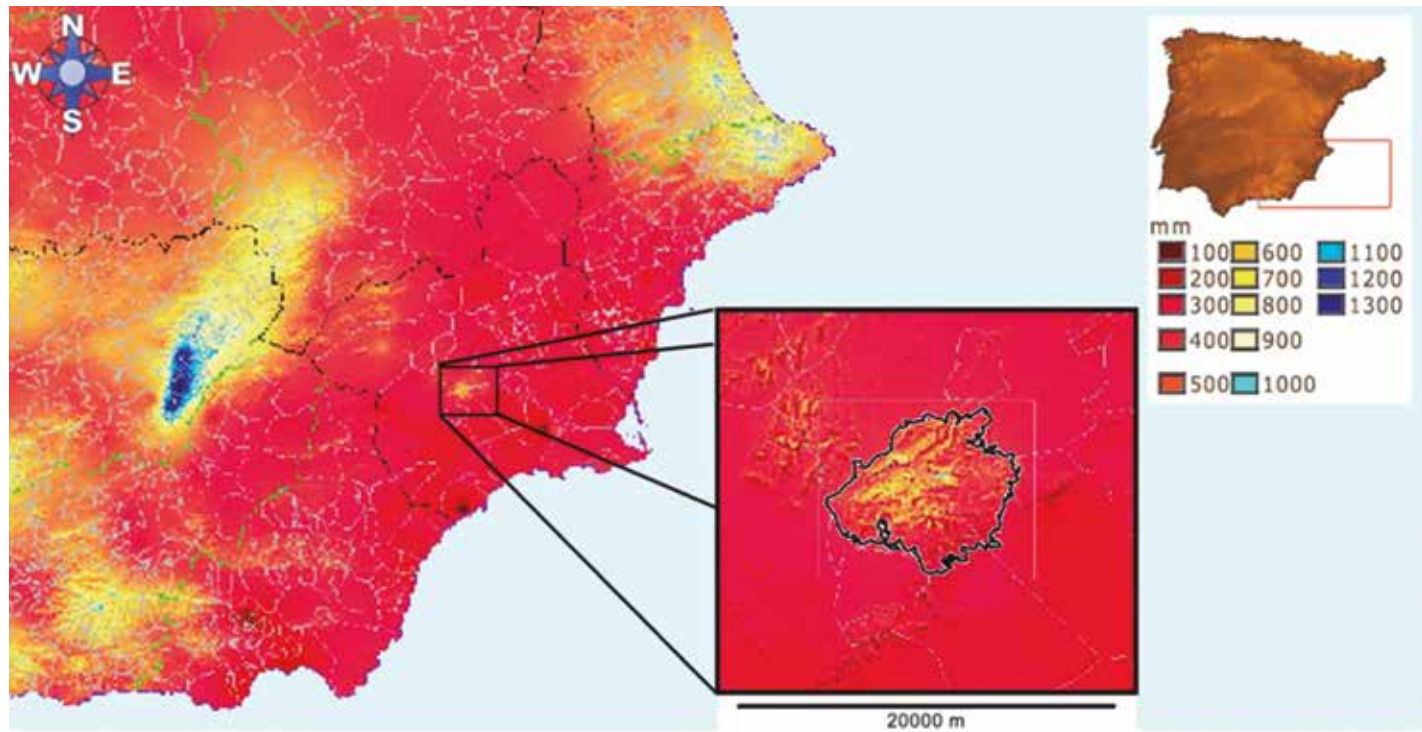


FIGURA 3. MAPA DE PRECIPITACIONES Y TEMPERATURAS MEDIAS ANUALES EN SIERRA ESPUÑA.
FUENTE: NINYEROLA, ROURE & FERNÁNDEZ, 2005.

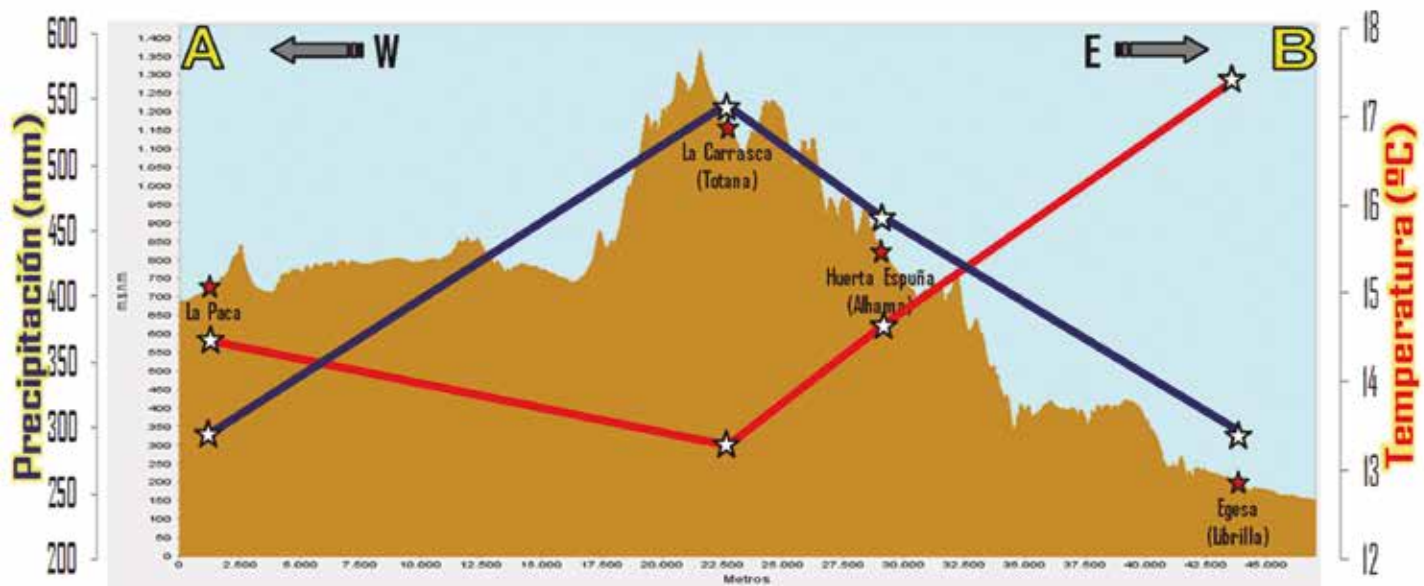


FIGURA 4: CORTE TOPOGRÁFICO OESTE-ESTE EN LA ISLA CLIMÁTICA DE SIERRA ESPUÑA.

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA A PARTIR DE DATOS DEL SIAM Y LA AEMET.

*LAS LETRAS AMARILLAS DE LAS ESQUINAS SUPERIORES COINCIDEN CON EL INICIO DE LOS PUNTOS DE CORTE QUE SE PUEDEN APRECIAR HORIZONTALMENTE EN LA FIGURA 2.

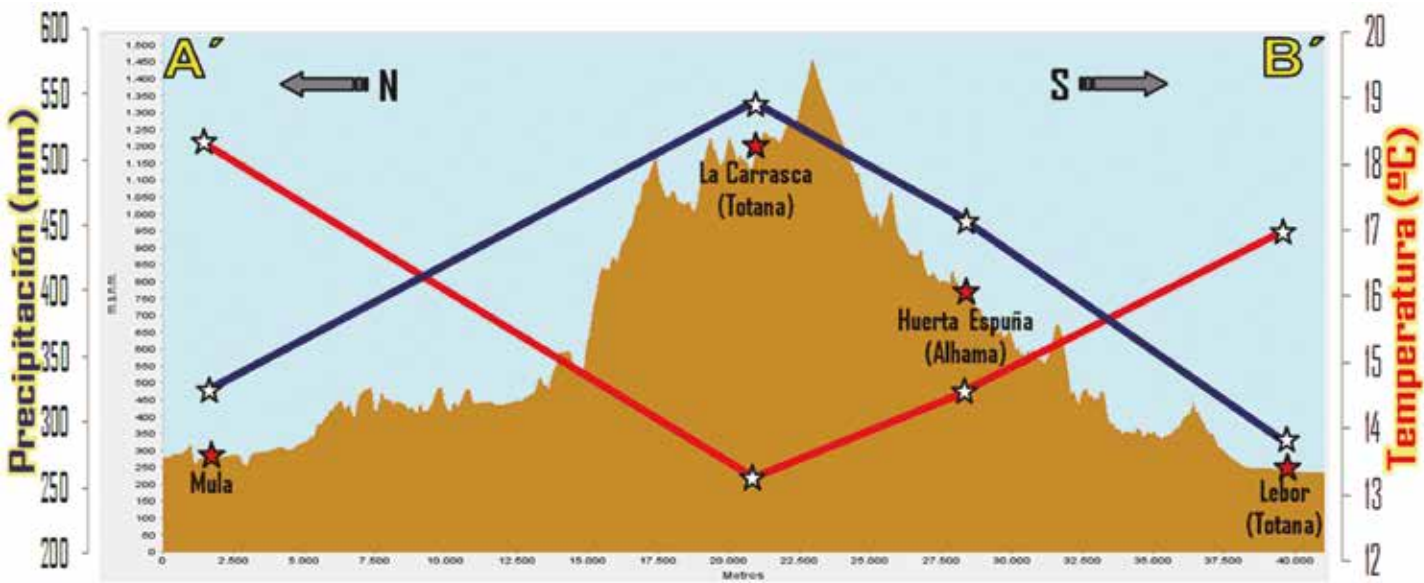


FIGURA 5: CORTE TOPOGRÁFICO NORTE-SUR EN LA ISLA CLIMÁTICA DE SIERRA ESPUÑA.

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA A PARTIR DE DATOS DEL SIAM Y LA AEMET.

*LAS LETRAS AMARILLAS DE LAS ESQUINAS SUPERIORES COINCIDEN CON EL INICIO DE LOS PUNTOS DE CORTE QUE SE PUEDEN APRECIAR HORIZONTALMENTE EN LA FIGURA 2.

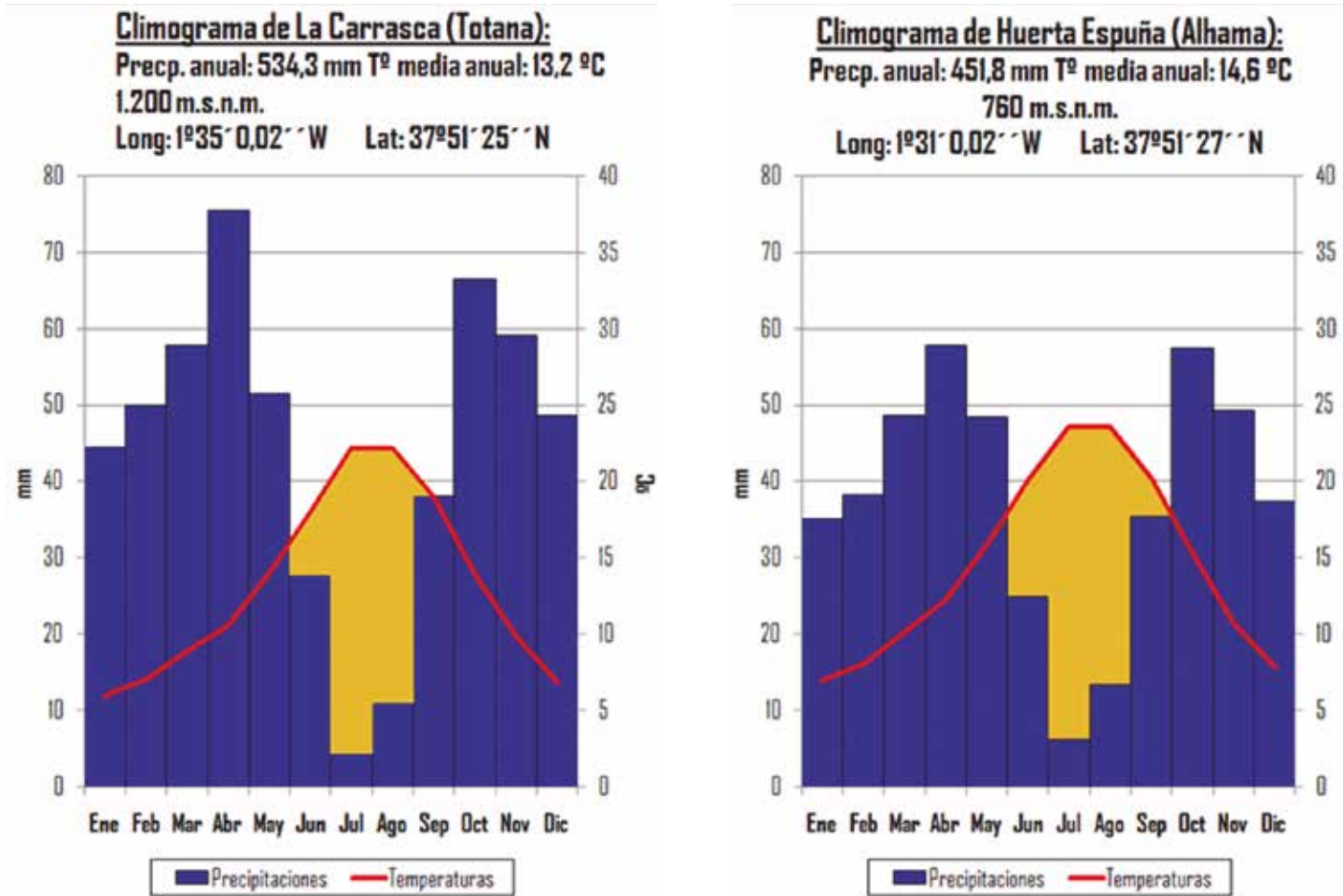


FIGURA 6: CLIMOGRAMAS EN SIERRA ESPUÑA.

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA A PARTIR DE DATOS DE LA AEMET.

*VALORES MEDIOS PARA EL PERIODO 1914-2010.

se produce entre septiembre y abril acompañada de un embolsamiento de aire frío aislado en altura, se generan SCM que provocan intensos aguaceros (Gil Meseguer, 1987: 181-182) responsables del máximo pluviométrico otoñal.

Advección del Oeste

Procede del cinturón de borrascas subpolares en ocasiones de desplazamiento hacia el sur del anticiclón de las Azores. Las precipitaciones asociadas al frente polar penetran por el oeste, por lo que llegan muy debilitadas, aun así, generan tiempo nuboso y escasas precipitaciones. Este tipo de entradas advectivas se concentran durante el invierno.

Los flujos dominantes de viento en el área se pueden apreciar en la figura 1, donde a partir de los datos de cuatro

estaciones meteorológicas del Sistema de Información Agraria de Murcia (SIAM) entre 1998 y 2013 (La Paca en Lorca, Lebor en Totana, Egesa en Librilla y Mula), se representan porcentualmente los valores medios y el componente de los vientos dominantes en una determinada estación del año. Los datos disponibles imposibilitan calcular estos valores para un periodo más dilatado, aunque para la variable viento 15 años es un intervalo aceptable. De esta forma, se aprecia como durante el invierno dominan los vientos de componente W, fruto del predominio de la circulación zonal, durante el otoño también dominan estos vientos aunque en una proporción menor. En cambio durante la primavera, y sobre todo durante el verano, predominan los vientos de levante. Esta situación influye en que la parte occidental de Sierra Espuña sea más fría y que las precipitaciones invernales asociadas a la acción del

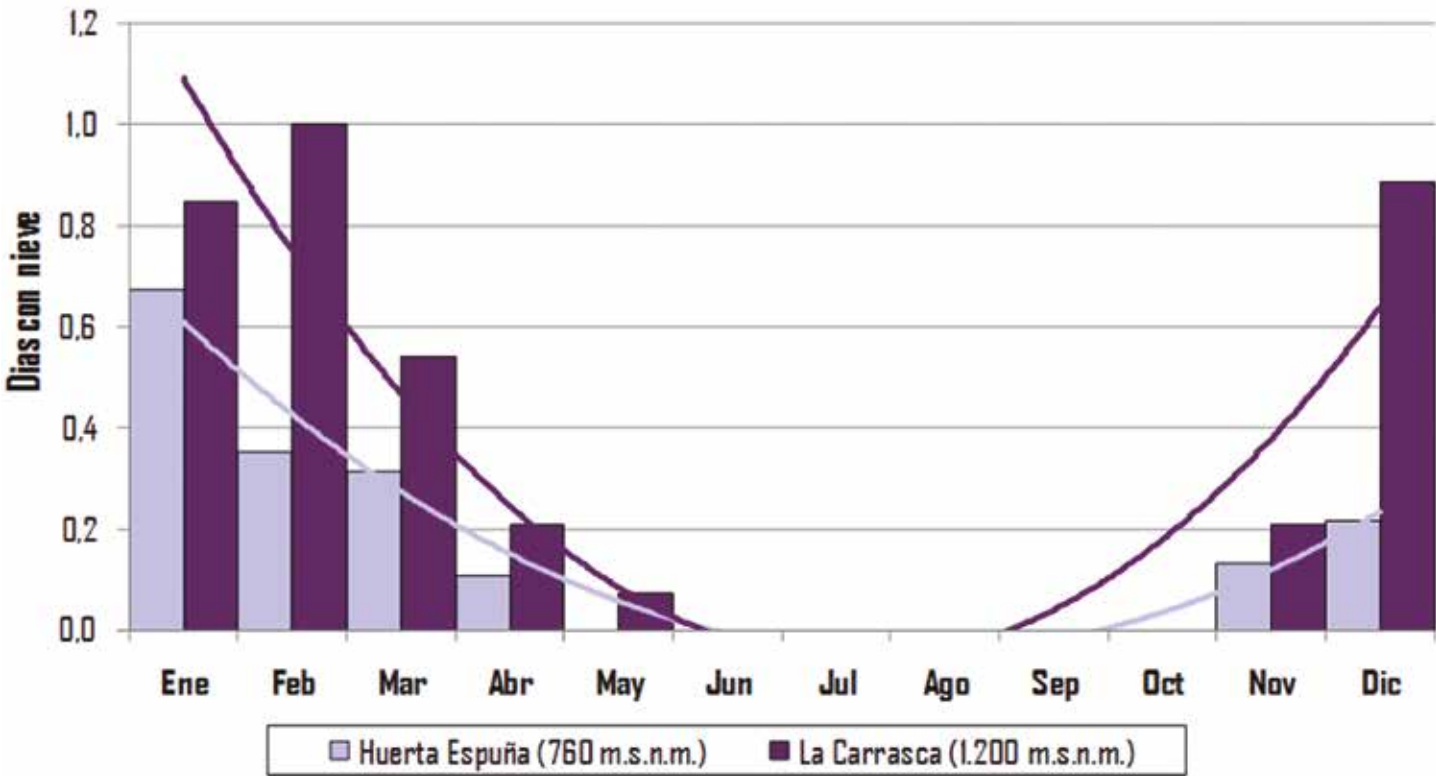


FIGURA 7: PROBABILIDAD DE NEVADAS EN SIERRA ESPUÑA.
FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA A PARTIR DE DATOS DE LA AEMET.
*VALORES MEDIOS PARA EL PERIODO 1914-2010.

frente polar tengan una mayor importancia, ayudadas a su vez por la exaltación orográfica que supone la montaña. Mientras, la fachada occidental es más cálida, pero las precipitaciones primaverales son mayores.

Sin embargo, el principal factor que diferencia el clima de Sierra Espuña en relación a su espacio inmediato, viene determinado por la altimetría y el accidente orográfico que supone la montaña. El desnivel acumulado de la sierra, que en algunos casos supera los 1.300 metros (ver Figura 2), en medio de un espacio llano, hace que por exaltación orográfica las borrascas que penetran tanto por el litoral, como por el oeste, incrementen su acción tormentosa y dejen mayores precipitaciones que en las tierras circundantes. Esto es especialmente importante en relación a la penetración de las borrascas por el SW y determina que la ladera oriental de la sierra sea, en general, más húmeda que la meridional (Lillo carpio, 1976: 11).

La importancia del relieve también afecta de forma crucial a las temperaturas. Lillo Carpio (1976: 11) ya señaló que en

Sierra Espuña el gradiente térmico vertical (descenso de la temperatura al ascender en altitud) era de $-0,83^{\circ}\text{C}$ por cada 100 metros ganados en altitud, cuando en la atmosfera libre, sin obstáculos orográficos, este descenso es de en torno a $0,65^{\circ}\text{C}$. A este respecto, es determinante el hecho de que la medición se realice en la ladera de barlovento o sotavento respecto a los vientos dominantes, siendo mucho mayor el descenso en la primera de ellas. En cualquier caso, esto dejaría unas temperaturas medias anuales alrededor de 10°C inferiores en el Morrón de Espuña (1.583 m.s.n.m.) que en la ciudad de Totana (259 m.s.n.m.). De esta forma, la aridez en Sierra Espuña es inversamente proporcional a la altitud, que interviene a modo de isla pluvio-térmica incrementando las precipitaciones y disminuyendo las temperaturas (ver Figura 3).

Estas condiciones motivan que Sierra Espuña sea una isla de humedad y frío (López Bermúdez, 1975: 16) en medio del dominio mediterráneo seco y cálido, condiciones que conforme se asciende en altitud se acentúan, de tal



MORRA DE LAS MOSCAS (MORRÓN DE ALHAMA) TRAS UNA INTENSA NEVADA. SE APRECIA CÓMO EN LAS CUMBRES EL INTENSO VIENTO LEVANTA LA NIEVE. MAG.

modo que a los 800 metros, el bioclima es semiárido templado y a los 1.200 el área está ya entre los bioclimas mediterráneos subhúmedos frescos con inviernos fríos (Lillo Carpio, 1976: 14).

Las figuras 4 y 5, realizadas a partir de los datos de precipitación y temperatura de las estaciones del SIAM anteriormente señaladas y las estaciones de La Carrasca (1.200 m.s.n.m.) en Totana y Huerta Espuña (760 m.s.n.m.) en Alhama, proporcionadas por la Agencia Estatal de Meteorología (AEMET) y ubicadas en plena Sierra, muestran de forma inequívoca el efecto climático del relieve. De Oeste a Este (ver Figura 4), entre La Paca (723 m.s.n.m.) en Lorca y Egesa (164 m.s.n.m.) en Librilla, la precipitación pasa desde algo menos de 300 mm anuales a los casi 550 en La Carrasca, descendiendo hasta 450 en Huerta Espuña para acabar de nuevo en algo menos de 300 mm. Las temperaturas también acusan evidentemente el cambio altimétrico, aunque en este caso, la elevada altitud media de la meseta lorquina,

hace que la diferencia térmica entre el Oeste y la montaña no sea tan acusada. No obstante, el descenso térmico oscila entre los 4,5 y los 1,5 °C. En términos relativos, el relieve de Espuña interviene incrementando las precipitaciones entre un 81% y un 53% respecto al sector hacia el Oeste de la montaña, y entre un 83% y un 54% en relación al sector Este. Al tiempo que se produce una disminución de las temperaturas de entre el 10% y el 1% para la primera zona y de entre un 24% y un 16% para el Este.

Este efecto es más evidente, observando el corte topográfico de Sierra Espuña en dirección Norte-Sur (ver Figura 5), puesto que los cambios altitudinales son más acusados. De esta manera, se pasa de los 320 mm en Mula (276 m.s.n.m.) a los casi 550 en La Carrasca y finalmente en Lebor (236 m.s.n.m.) (Totana) las precipitaciones descienden hasta los 284 mm de media anual. Las temperaturas en este transepto presentan una modificación más acusada, al descender 5 °C entre Mula y La Carrasca y casi 4°C entre

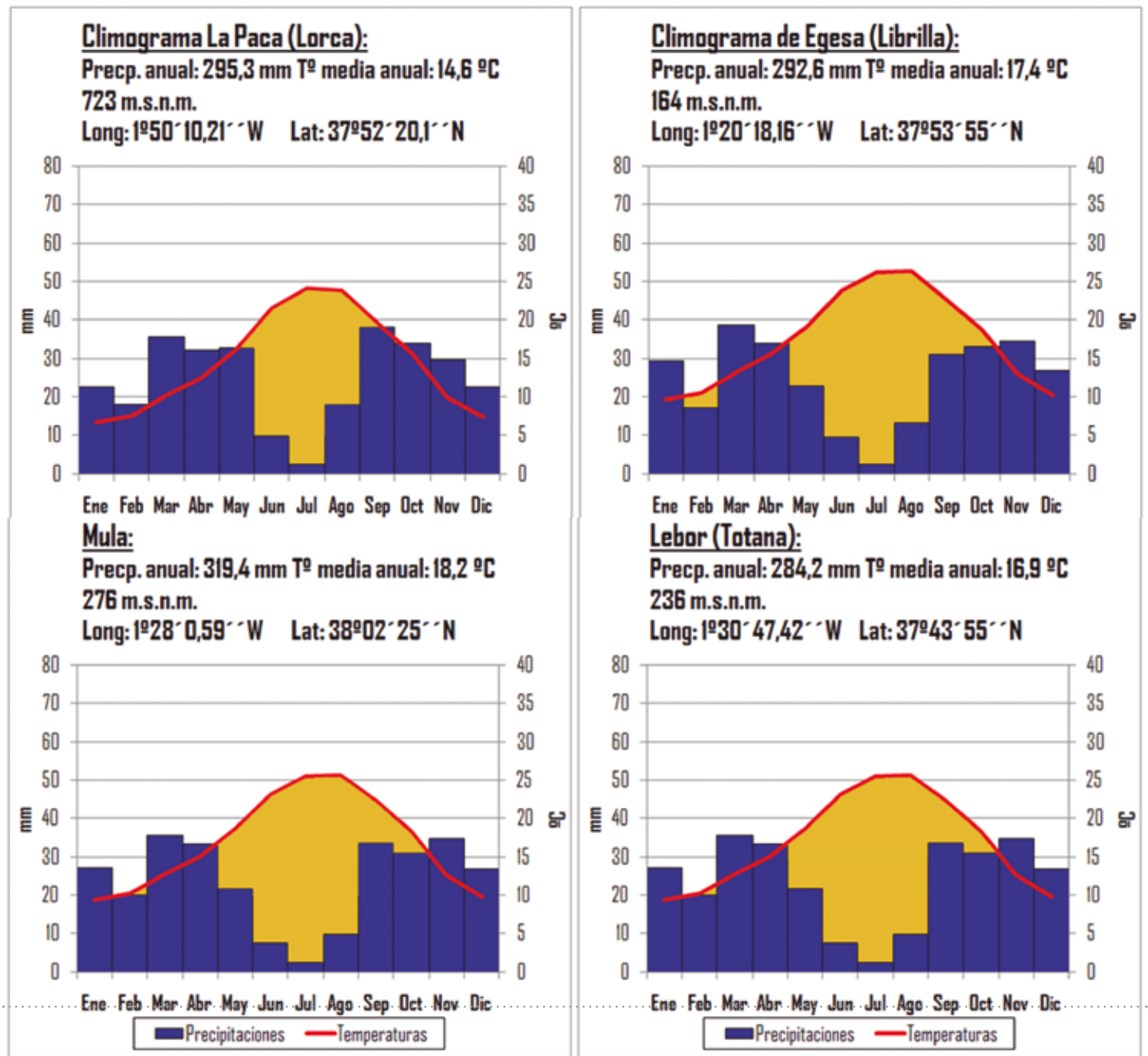


FIGURA 8: CLIMOGRAMAS DEL SECTOR CENTRAL DE SIERRA ESPUÑA.
FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA A PARTIR DE DATOS DEL SIAM.
*VALORES MEDIOS PARA EL PERIODO 1998-2013.

Lebor y este mismo lugar. Porcentualmente estos cambios suponen un aumento de las precipitaciones de entre un 67% y un 41% entre el sector Norte y la Sierra y de entre un 88% y un 59% en relación a la zona Sur. Térmicamente el descenso térmico es de entre el 10 y el 28% para el Norte y de entre el 22 y el 14% para el Sur.

En resumen, Sierra Espuña supone una isla climática con unas precipitaciones medias anuales superiores en torno a un 65% en relación al espacio circundante y unas temperaturas medias anuales un 16% inferiores.

Estas consideraciones son respecto a los datos disponibles, puesto que la compartimentación del relieve influirá en cambios a nivel local, y previsiblemente el aumento de las precipitaciones, y sobre todo, el descenso térmico, crecerá a mayor altitud, haciéndose máximo en la cima de la montaña.

Todos los factores climáticos señalados explican la clasificación del clima de Sierra Espuña dentro de unos patrones concretos. En cuanto al contexto regional, la primera diferenciación en la Cuenca del Segura, viene determinada nuevamente por la altimetría. De esta manera, por encima de los 1.000 m.s.n.m. las precipitaciones aumentan sensiblemente, las temperaturas decrecen, los veranos son más suaves y los inviernos más fríos, mientras que sigue siendo evidente una acusada sequía estival. De acuerdo con esto y según la clasificación climática de Köppen, el clima de Sierra Espuña sería *templado húmedo de montaña dentro del piso subalpino* (de 1.000 a 1.500 m.s.n.m.), lo que de manera general, le confiere el carácter de clima de montaña subtropical (Csb en la nomenclatura de la mencionada clasificación).

Por su parte, Capel Molina (2000: 138-139) incluye a la Sierra dentro del clima *Mediterráneo subhúmedo de montaña*, caracterizado por unas temperaturas medias inferiores a los 14° C, presencia de inviernos de cierta severidad, veranos suaves y una amplitud térmica entre los 18 y 22 °C, si bien, estos valores son muy variables en función de la altimetría. Las precipitaciones, también influidas por la acción del relieve, serían superiores a los 400 mm y puntualmente superiores a los 800, con presencia de copiosas nevadas en los meses invernales. En cambio, seguiría estando presente una acusada sequía estival y dos máximos pluviométricos, uno otoñal y otro primaveral.

Vidal Abarca *et al* (1987), caracterizan al conjunto de Sierra Espuña, por su diferencias respecto a las condiciones

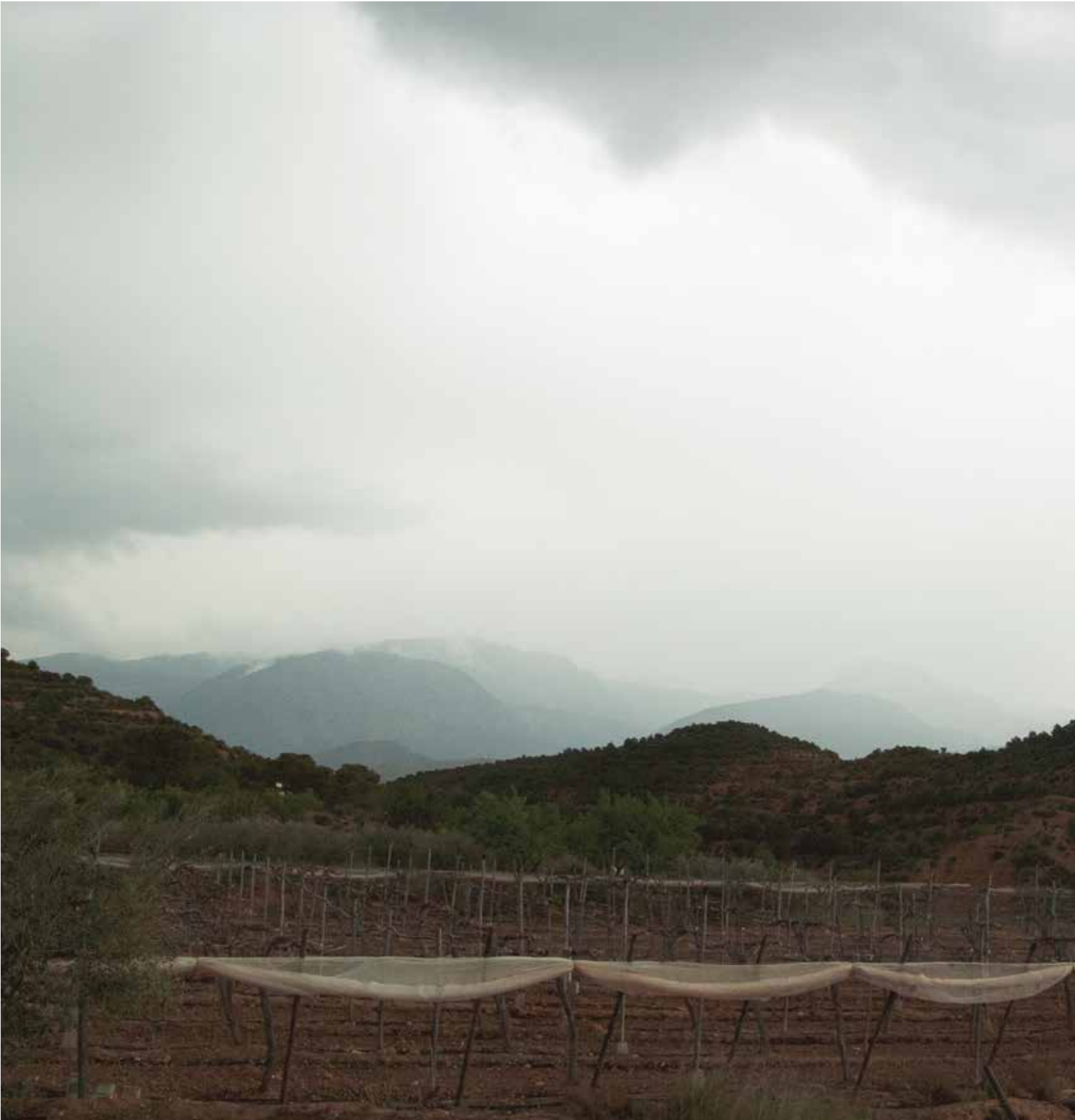
climáticas medias en la Cuenca del Segura. De esta manera, junto con las montañas occidentales de la Cuenca, Espuña, supone el "*sector fresco húmedo*" ubicado a más de 1.000 m.s.n.m. donde las temperaturas máximas estivales son bajas (la media anual es inferior a los 15°C) y la precipitación es alta (superior a 500 mm).

Todas estas consideraciones efectivamente se cumplen considerando los datos concretos de la montaña (ver Figura 6), con precipitaciones que superan los 500 mm de media anual conforme ascendemos en altitud y temperaturas medias por debajo de los 15 °C. Las precipitaciones presentan una acusada sequía estival que se hace máxima durante julio, y dos máximos, uno otoñal y otro primaveral, siendo abril el mes más lluvioso, seguido de cerca por octubre. Esto último supone otra diferencia en relación al entorno inmediato, puesto que al contrario que en la parte central de la Cuenca del Segura (ver Figura 8), en Espuña es más importante el máximo primaveral, explicado esto por el hecho de que las borrascas procedentes del frente polar se reactivan por la acción del relieve a pesar de llegar ya muy desgastadas. Térmicamente, los veranos son calurosos y existe verdadero invierno térmico (algún mes con temperatura media inferior a 7 °C).

El invierno es el periodo propicio para las nevadas, aunque no exclusivo, puesto que estas se pueden presentar desde el final del otoño y prolongarse hasta la mitad de la primavera (ver Figura 7). La extensión del periodo en que son posibles las nevadas depende lógicamente de la altitud, de modo que a mayor altitud, mayor frecuencia de las nevadas y extensión del periodo con probabilidad de ellas. Para la estación meteorológica de La Carrasca, febrero es el mes con mayores probabilidades de nieve, puesto que se produce por término medio una nevada en dicho mes.

La dinámica y magnitud de la precipitación y la temperatura en Sierra Espuña, deja entre 3 y 4 meses considerados secos (meses en que el doble de la precipitación es inferior a la temperatura media), mientras en la zona aledaña esta cifra oscila entre 5 y 7 meses (ver Figura 8).

Estas condiciones son fundamentales para explicar las condiciones ecológicas y las posibilidades humanas de esta montaña, que ha supuesto secularmente un reservorio de humedad para las poblaciones cercanas y ha posibilitado actividades tan peculiares y características como el comercio ligado a los pozos de la nieve. En este sentido,



LA TORMENTA AMENAZA A LA SIERRA. LAS CÉLULAS TORMENTOSAS INCIDEN CON ESPECIAL VIRULENCIA EN LA PARTE CENTRAL DE SIERRA ESPUÑA.MAG.



es fundamental conservar tanto la parte ambiental, como la cultural y etnográfica ligada a esta montaña, amenazada por un clima cambiante (Gil-Guirado, 2013), la pérdida de interés económico de algunas actividades tradicionales y la compartimentación y fragmentación de los espacios naturales. Conviene a todos, hacer un uso razonable de este territorio que supone una excepcionalidad climática en medio de un espacio desertizado en expansión (RomeroDíaz, 2002).

Bibliografía

ALONSO SARRÍA, F. (2007). El clima. In *Atlas Global de la Región de Murcia* (Cords. A. Romero Díaz and F. Alonso Sarría), pp. 146-155. La Verdad-CMM SA, Murcia.

CAPEL MOLINA, J. (2000). *El clima de la península Ibérica*. Ariel, Barcelona.

GIL GUIRADO, S. (2013). *Reconstrucción climática histórica y análisis evolutivo de la vulnerabilidad y adaptación a las sequías e inundaciones en la Cuenca del Segura (España) y en la cuenca del Río Mendoza (Argentina)*. Tesis doctoral. Universidad de Murcia.

GIL MESEGUER, E. (1987). El papel de las pequeñas áreas vertientes en las inundaciones de la Huerta de Murcia: las Ramblas del Garruchal y Los Romos tras las precipitaciones del 4 de noviembre de 1987. *Papeles de geografía*, **14**, 167-184.

LILLO CARPIO, M. (1976). Los cambios climáticos en Sierra Espuña (Murcia) entre 1892 y 1970. *Papeles de Geografía*, **7**, 9-24.

LÓPEZ BERMUDEZ, F. (1975). Depósitos de ladera en la Sierra de Espuña (Cordilleras Béticas). *Papeles del Departamento de Geografía*, **6**, 9-27.

VIDAL-ABARCA, M. R., MONTES, C., RAMÍREZ-DÍAZ, L., & SUÁREZ, M. L. (1987). El Clima de la Cuenca del Río Segura (SE de España): Factores que lo controlan. *Anales de Biología*, **12**, 11-28.

NINYEROLA, M., ROURE, J. M. & FERNÁNDEZ, X. P. (2005). *Atlas climático digital de la Península Ibérica: metodología y aplicaciones en bioclimatología y geobotánica*. Recuperado el 2012, de Atlas climático digital de la Península Ibérica: metodología y aplicaciones en bioclimatología y geobotánica.: <http://www.opengis.uab.es/wms/iberia/mms/index.htm>

QUEREDA SALA, J., MONTÓN CHIVA, E. & ESCRIG BARBERÁ, J. (2002). Las interacciones atmósfera-mar en la climatología mediterránea del 2001. *Investigaciones geográficas*, **29**, 23-38.

ROMERO DÍAZ, M. A. (2002). *La erosión en la Región de Murcia*. EDITUM. Murcia.

14 PALMOS DE NIEVE

Manuel Águila Guillén

Mientras Napoleón estaba dando caña al Reino Unido cerrando puertos para que no pudiera comerciar y planificando su gran estrategia para invadir Portugal y, de paso, España; mientras que nuestro país estaba enzarzado en las múltiples guerras de independencia americanas para evitar perder sus dominios de ultramar; mientras que los grandes bosques españoles acababan de ser hundidos en alta mar pocos meses atrás durante la batalla de Trafalgar; mientras que todo eso sucedía acá y allá para configurar un “nuevo orden mundial”, en un pequeño rincón de Sierra Espuña unos humildes habitantes estaban pasando “las de Caín” para salir adelante con un inesperado acontecimiento meteorológico: la supernevada de 1806.

Pocas crónicas conocemos escritas sobre este acontecimiento en otras zonas de la Región de Murcia, pero sobre la fachada de la entonces casa de labranza de La Carrasca, quedó plasmado en barro una excepcional descripción de aquella efemérides. Sus narradores nos la legaron así: “Año de 1806, día 16, 17, 18, 19 de abril estuvo nevando sin cesar, ubo sobre 14 palmos de nieve en los rasos = Fenecieron 33 yeguas i de aquí un buei = El ganado cabrio se libertó en el día 18 por dos horas de claro que hizo. El 25 del mismo nevo más”. Sobre otra placa, también de barro pero más pequeña, contextualizaba el momento afirmando: “Esto sucedio en tiempo de Dn. Alfonso Ramon de Canovas y de D^a. Maria Vicenta de Canouas, su esposa y poseedora”.

¡¡14 palmos de nieve!! ¿Sabéis cuánto es eso? Si tomamos el estándar español de la medida de un palmo, que está en casi 21 centímetros, estamos hablando nada menos que de 294 centímetros, es decir, casi 3 metros. Fueron cuatro días seguidos nevando sin parar, salvo dos horas que aprovecharon para liberar a las cabras, suponemos que para que se buscaran la vida. Una pasada de nieve para una montaña perdida del árido Sureste español. Menudas dificultades para vivir (más bien habría que hablar de sobrevivir) a 1.140 metros de altitud, atrapados entre muros

de nieve, sin supermercados cerca, sin prendas de abrigo con membranas cortavientos y, sobre todo, sin móvil.

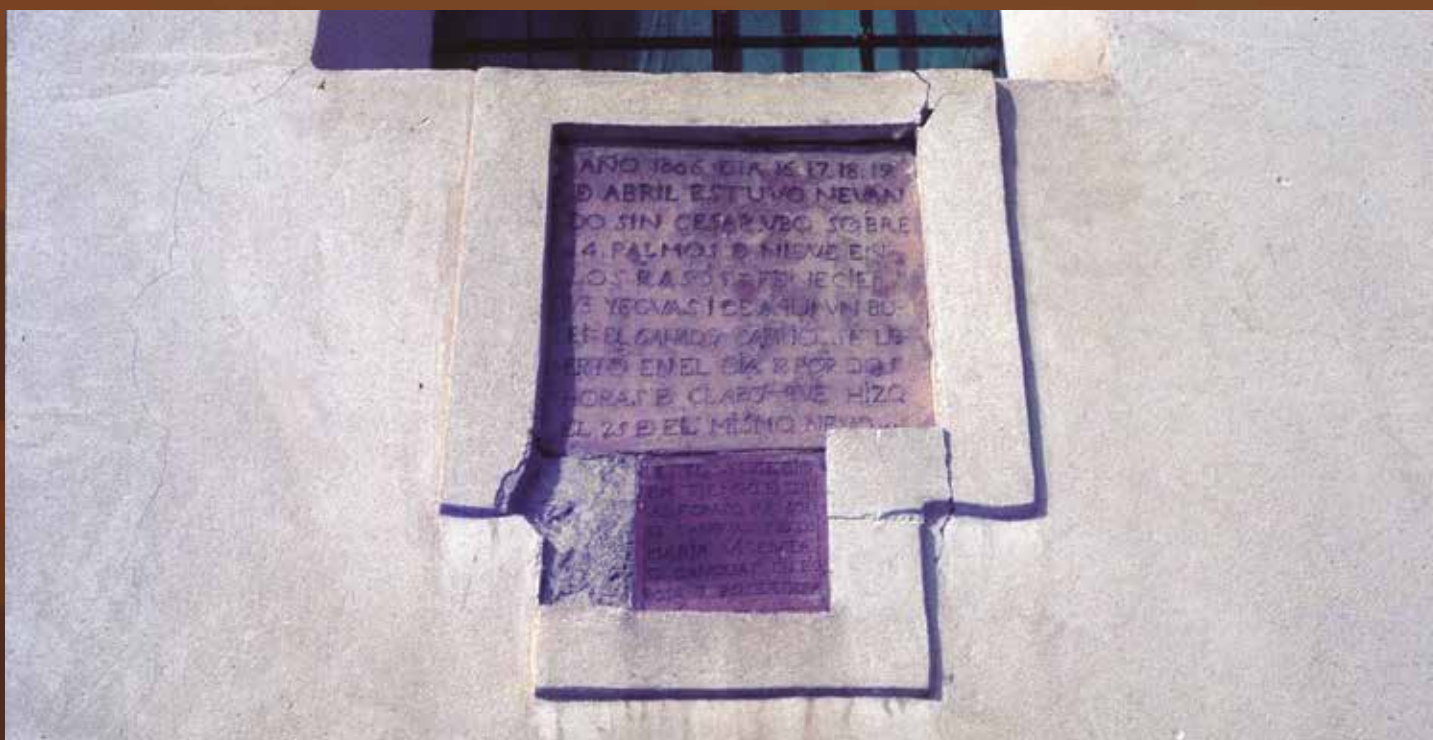
Pero si en La Carrasca, en plena solana de Espuña, la nevada fue dura, ¿cuánto sería más arriba, a 1.400 metros de altitud, en los Pozos de la Nieve, en plena umbría? No queremos ni pensarlo, pues en nevadas acaecidas en los últimos 40 años hemos apreciado diferencias de hasta 50 cm entre la nieve acumulada en La Carrasca y la recibida en los Pozos. Con todo esto nos viene a la memoria lo sucedido en ellos a mediados de enero de 1779, cuando a los obreros en plena faena de llenado de los Pozos tan “*aspero temporal de ayre, agua y nieve, les impidio el poder trabajar, y viendo seguia y que no podian salir del trabajo, determinaron bajarse a el Pueblo hasta que mejorase el tiempo*”. Tras más de dos días de nevar sin parar y viendo que aquello no remitía “*temieron un gran perjuicio contra su salud...*” y abandonaron la zona. Abandonar su puesto de trabajo desencadenó la apertura de diligencias e interrogatorios secretos, que en algunos casos concluyeron en despidos.

Aquellos “14 palmos de nieve” de La Carrasca en 1806 o las feroces nevadas en los Pozos de la Nieve en 1779, junto con numerosas evidencias documentales de las cantidades de hielo extraídas de los neveros de Espuña, bien aportan unas buenas pinceladas de lo que aquel trabajo que Horacio Capel Sáez publicó en 1968 demostraba sobre cómo se podía analizar el cambio del clima a través del estudio de las nieves recogidas en Espuña. Es más, Capel Sáez ya afirmaba hace casi 50 años que en la actualidad no sería posible llenar aquellos pozos ni con la nieve acumulada de varios años. Cuando ahora uno marca sobre la fachada de La Carrasca aquellos “14 palmos de nieve” no queda lugar a dudas.

Aquella antigua inscripción fue arrancada por algún desaprensivo de la pared que la mantuvo durante más de 200 años. En su lugar luce una sencilla reproducción que no alcanza ni a parecerse a la que en sus tiempos fue y que aquí reproducimos.



LA NEVADA DE FEBRERO DE 1991 ACUMULÓ EN LAS CUMBRES DE ESPUÑA MÁS DE 2 METROS DE NIEVE. AUN ASÍ NO LLEGÓ A ALCANZAR LOS 14 PALMOS DE NIEVE DE 1806. MAG



LÁPIDAS DE BARRO DE 1806 SOBRE LA FACHADA DE LA CARRASCA. IMAGEN TOMADA EL 31/10/1982. MAG

RELIEVE

Francisco López Bermudez

El imponente relieve de Sierra Espuña se yergue por encima de la depresión tectónica del río Guadalentín y de las cuencas neógenas de los ríos Pliego y Mula. Sierra Espuña es uno de los espacios naturales más emblemáticos y visitados de la Región de Murcia por la diversidad geológica, geomorfológica, ecológica y paisajista que ofrece. Tiene una historia geológica complicada al formar parte de la zona interna de las Cordilleras Béticas donde las rocas afectadas por la orogenia alpina son, principalmente, de edad Triásica y más antigua, materiales que han sufrido los efectos de un metamorfismo alpino.

Esta sierra comprende diversas unidades tectónicas de carácter cabalgante que de abajo a arriba son: complejo Alpujárride, que comprende las unidades de Los Molinos y Los Guillemos, y el complejo Maláguide, que integra las unidades de Atalaya y Morrón de Totana. Las unidades de Atalaya y Santa-Yéchar presentan carácter intermedio entre los complejos Alpujárride y Maláguide. En la parte septentrional de Sierra Espuña aparecen representadas formaciones Triásicas y Jurásicas, pertenecientes a la unidad de Prado Mayor (Paquet, 1969; Sanz de Galdeano *et al.*, 2000).

Localmente se encuentran cabalgamientos, con distintos materiales, en dirección Sur, y fallas normales producidas posteriormente a los cabalgamientos orientadas al NNE-SSO y NO-SE buzando verticalmente (IGME, 1974a). La sierra se divide en dos conjuntos: uno meridional, formado por apilamientos de unidades esencialmente pertenecientes a materiales permotriásicos y, el otro, septentrional formado por unidades con materiales secundarios y terciarios. La estructura del conjunto es, pues, compleja, puesto que un conjunto de elementos tectónicos se suceden de Norte a Sur (1974b; 1974c).

La Sierra de Espuña presenta un fuerte control litológico y estructural y una litología muy variada. Los materiales más duros y antiguos que constituyen el almacén del conjunto montañoso son rocas paleozoicas y mesozoicas, principalmente, calizas y dolomías permotriásicas, triásicas y jurásicas. Mientras que los materiales blandos y más recientes de edad neógena, arcillas, margas y areniscas, se

localizan en las depresiones topográficas, áreas sinclinales y cuencas sedimentarias colindantes. La historia geológica de la sierra es dilatada, abarca los últimos 300 millones de años, desde finales de la Era Primaria hasta la actualidad (Martínez-Aledo *et al.*, 2008).

Sierra Espuña, por su estructura geológica, por la variedad de su litología y por la acción de los procesos de modelado que han tenido lugar desde el Plioceno-Pleistoceno hasta la actualidad, presenta unos paisajes geomorfológicos contrastados y de interés: los más destacables son:

Paisajes de volúmenes y energía: morrones, cerros y altos

Constituyen elementos sobresalientes de la arquitectura de la sierra. Son las formas dominantes del relieve. Estas estructuras geológicas (cabalgamientos, pliegues, diaclasas y fallas) presentan características geométricas distintivas como su energía, forma, tamaño, orientación, pendiente, tipo de roca, etc. El ambiente en el cual se encuentran las rocas en la naturaleza cambia todo el tiempo, las fuerzas tectónicas se modifican constantemente, los estratos se van sepultando y comprimiendo en la medida que progresa la subsidencia y más capas se acumulan, con lo cual los estratos, inicialmente duros y frágiles, se deforman y pliegan; la erosión expone los materiales plegados reduciendo el confinamiento, y las rocas se fracturan. Es decir, las rocas pasan de frágiles a dúctiles cuando se sepultan, y retornan a su condición frágil cuando se alivian los esfuerzos por la erosión que las pone al descubierto. La acción de los procesos de erosión completó el modelado que se puede contemplar en la actualidad. Su eficacia depende de la mayor o menor erosionabilidad de las rocas que los conforman.

Estos paisajes de altura presentan una topografía accidentada y un gradiente altitudinal acusado, desde los 175 m sobre el nivel del mar de su base (pueblo de Alhama), hasta los 1.583 m de su cima en el Morrón de Espuña o de Totana. Otros relieves destacables, todos ellos por encima de los 1.000 metros de altitud, son: Pedro López (1.568 m), Cerro de Pinos Blancos (1.512 m), Morra de las



SIERRA ESPUÑA ES UNA OROGRAFÍA PROYECTADA HACIA EL CIELO. UNA EMINENCIA TOPOGRÁFICA QUE SUSCITA ADMIRACIÓN. LOS MORRONES DE ESPUÑA O TOTANA (AL FONDO) Y EL CHICO O DE ALHAMA SON DOS GIGANTES DE LA NATURALEZA. *FLB.*

Moscas (1.507 m), Morrón Chico o de Alhama (1.444 m), Morrón de Arriba (1.424 m), Cejo de la Ventanica (1.423 m), Malvariche (1.424 m), Las Cunas (1.406 m), Cerro de la Cebra (1.356 m), Morra de Juan Alonso (1.320 m), Alto de Piedras Blancas (1.267 m), La Carrasca (1.237 m), Morra de las Cucalás (1.228 m), El Purgatorio (1.204 m), Cerro de la Garita (1.201m), Cerro Perona (1.190 m) y el escarpado conjunto de los Cuchillos del Bosque (1.278 m) y Piedra del Almirez (1.071 m). Las paredes abruptas de muchos de estos relieves van a determinar diversos procesos geomorfológicos como la acción de procesos gravitatorios y de meteorización que originaron canchales, abrigos y la alveolización en las calcarenitas y conglomerados en diversos sectores de la sierra como el de la Umbría de Rivas-Llano del Pico y paredes de la cara Norte del río Espuña. Por otro lado, estos poderosos relieves también favorecieron la instalación de poderosas redes de drenaje bien jerarquizadas.



EL DIACLASADO DE LAS CALIZAS DEL MORRÓN DE ESPUÑA, LOS FENÓMENOS DE METEORIZACIÓN Y LA GRAVEDAD, HAN ORIGINADO LOS CANCHALES DEPUESTOS A SUS PIES. AL PILAR SITUADO EN EL CENTRO DE LA IMAGEN SE LE CONOCE COMO "PEÑA SOLEADA". JUNTO A ÉL ESTÁ EL "DEDO DEL MORRÓN". *FLB.*



EL IMPONENTE RELIEVE DEL MORRÓN DE ESPUÑA O DE TOTANA (1583 M), LA CORONA DE LA SIERRA.MAG.



LA CAIDA DE DERRUBIOS HA ORIGINADO UN VASTO CONO COLUVIAL AL PIE DE LA FUENTE SUMINISTRADORA DE MATERIAL, EL CONO SE HALLA PARCIALMENTE COLONIZADO POR MATORRAL DE COSTOJA Y VEGETACIÓN ALMOHADILLADA. MORRÓN DE ESPUÑA. *FLB.*

Canchales

También se les conoce con otros nombres como canturrales, pedrizas y casqueras. Están constituidos por acumulaciones pedregosas, de variable granulometría, al pie de los escarpes de los que se han desprendido. Son el resultado de la alteración de las rocas por meteorizaciones física, química y biológica, sobre todo, debido a amplias variaciones diarias y estacionales de temperatura, de humedad y de heladas. La acción de estos procesos de meteorización es la disgregación granular, descamación y fracturación de las rocas que pueden ser movilizadas por la gravedad, el agua y el viento. Su morfología depende de la litología, grado de fracturación, de la gravedad y de factores bioclimáticos pasados y actuales que han intervenido en la meteorización de los relieves más expuestos. Las laderas altas de la sierra, como los paredones de los valles de Leyva y Malvariche, vertientes del Barranco de Enmedio y, sobre todo la de los “morrones”, presentan acumulaciones de cantos heterométricos de tamaños centimétricos y decimétricos englobados en una matriz arcillo-limosa. La ladera meridional del Morrón de Espuña ofrece un espectacular paisaje geomorfológico de columnas y erguidas agujas calcáreas diaclasadas, con pedrizas a sus pies. Son depósitos originados bajo condiciones climáticas pretéritas más frías y húmedas que las actuales, como fueron las que se registraron durante el Pleistoceno. La base de estos canturrales se halla por encima de los 1.200 m de altitud, sin embargo, acumulaciones antiguas selladas por una matriz arcillo-limosa, y por la vegetación arbórea de



FRONDOSO VALLE DEL RÍO ESPUÑA DE LAS CERCANÍAS DEL COLLADO BERMEJO. *MAG.*



VALLE DE LEYVA ENTRE LOS PAREDONES DE SU FLANCO NORTE (IZQ.) Y EL CERRO DEL MORRÓN DE ALHAMA (DER.) DESDE EL COLLADO BLANCO. *MAG.*



VALLE DE LEYVA ENTRE LOS PAREDONES DE SU FLANCO NORTE (IZQ.) Y EL CERRO DEL MORRÓN DE ALHAMA (DER.) DESDE EL COLLADO BLANCO. MAG.



pino y algunos ejemplares de carrasca, aparecen hacia los 600-700 m de altitud. Los primeros depósitos, desnudos o con precaria vegetación, situados al pie de los escarpes, son recientes e incluso funcionales hoy día cuando se producen condiciones meteorológicas extremas como las heladas. Presentan un buen desarrollo longitudinal y una fuerte heterometría desde bloques a cantos y arenas, y una morfometría muy angulosa como resultado de los procesos de fragmentación. Las pendientes de estos depósitos de ladera son fuertes, del orden de 40°, lo que unido a la falta de coherencia entre los derrubios los hace muy inestables y difíciles de transitar por ellos (López Bermúdez, 1975).

Paisaje de valles y poderosos barrancos

Estos territorios encierran ambientes y hábitats modelados por las fuerzas tectónicas y los procesos erosivos desde hace millones de años. Los relieves con topografías más destacadas de la sierra se hallan separados por profundos valles drenados por valles y barrancos como el del río Espuña, cuya cabecera se halla al pie del Collado Bermejo. Es el principal cauce de la sierra por su longitud, área de cuenca y barrancos que le aportan agua, tales como el de Las Labores, Jardal, del Gallego y Cueva Luenga. Su cuenca forestal ocupa una gran parte del Parque Regional. Separado por los morrones de Espuña, Alhama y por las crestas de Collado Blanco y el Cejo de Valdecanales, se halla el valle de Leyva, otro gran cauce que se inicia en el citado Collado Blanco, con un fuerte control estructural y litológico en todo su desarrollo por discurrir por una zona de falla inversa y por materiales blandos triásicos (Martínez-Aledo *et al.*, 2008). Los esporádicos caudales que circulan por la fronda del valle desaguan en el río Espuña.

El valle de Malvariche es otro importante cauce en el centro-norte de la sierra con cabecera en las inmediaciones de Prado Mayor, sus ocasionales caudales van a parar al río Pliego. Este valle está considerado Lugar de Interés Geológico (LIG) debido a la variedad de fósiles que en él se pueden encontrar. El valle del poderoso barranco de la Hoz, se halla en la umbría de la sierra y se origina en el agreste sector del Morrón de Abajo y los Pozos de la Nieve, atravesando la amplia depresión de Prado Mayor. Por último, el valle-barranco de Valdelaparra arranca en el Collado del Buitre y recoge las aguas de importantes cauces del sector oriental de la sierra como el de las Brujas, aguas



ÁREA DE DRENAJE DEL BARRANCO DE LA HOZ, EN EL SECTOR NORTE DE LA SIERRA, VISTA DESDE EL COLLADO DE LA MEDIA LADERA, A 951 M DE ALTITUD. MAG.



EL LAPIAZ ES, POSIBLEMENTE, LA FORMACIÓN SUPERFICIAL INICIAL Y MÁS SENCILLA DE LA KARSTIFICACIÓN, POR LA ACCIÓN COMBINADA DE DIVERSOS PROCESOS: DISOLUCIÓN, TERMOCLASTIA, CRIOCLASTIA, ACCIÓN DE ÁCIDOS HÚMICOS, ETC. LA INTERSECCIÓN ENTRE LAS LÍNEAS DE ESTRATIFICACIÓN Y LAS DIACLASAS OFRECEN UN EFICAZ CAMPO DE ACCIÓN PARA LOS PROCESOS DE DISOLUCIÓN. PLATAFORMA DE LAPIAZ EN LA CUMBRE DEL MORRÓN DE ESPUÑA. FLB.



GEOFORMAS DE DISOLUCIÓN DE PERÍMETRO MÁS O MENOS CIRCULAR Y DIVERSA PROFUNDIDAD QUE PUEDEN DESEMBOCAR EN UN KARST CAVERNOSO. FLB.

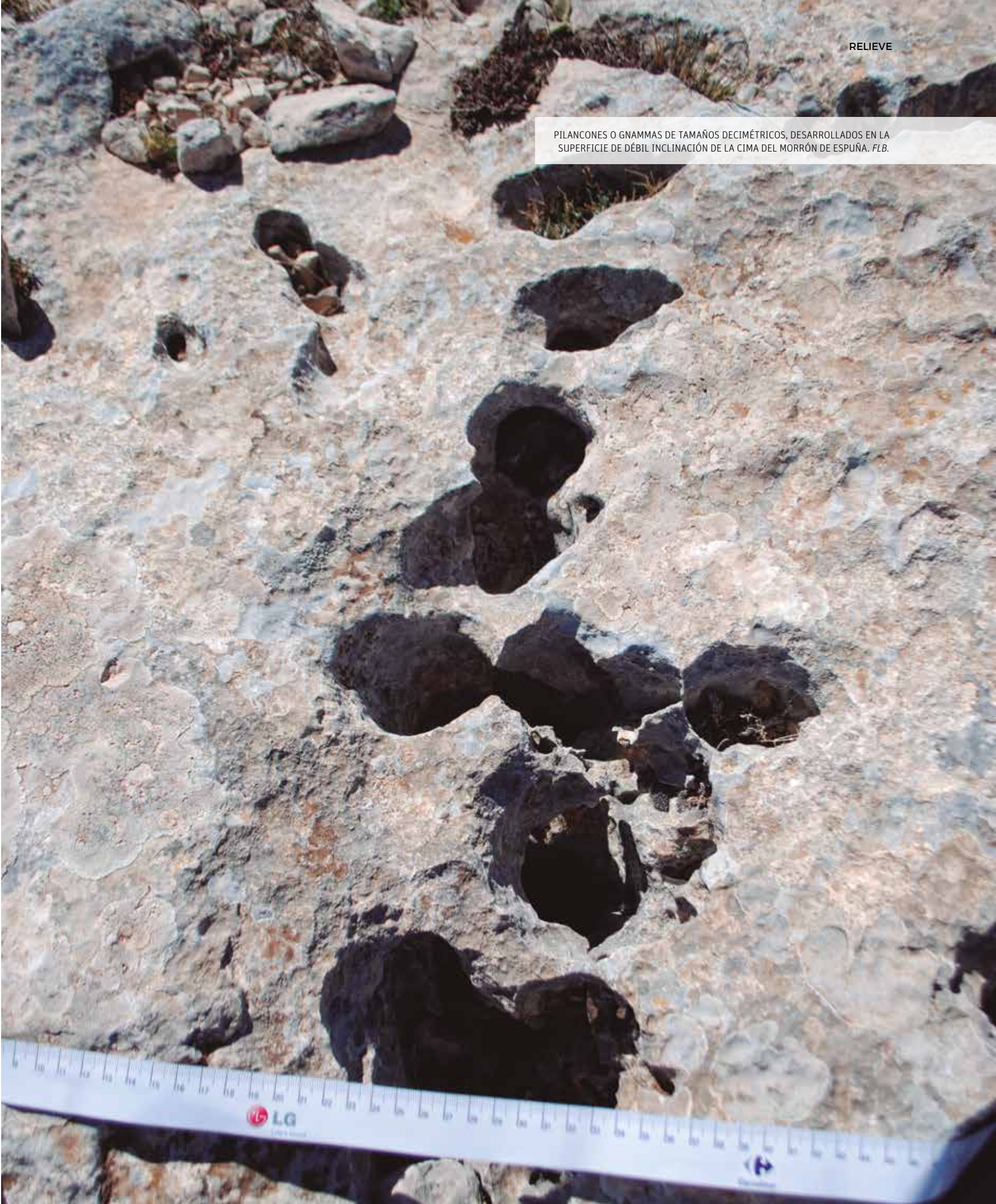
abajo del poblado de El Berro se diluye originando un gran cono aluvial. Otros barrancos de envergadura de la sierra, que han aprovechado las facilidades de las estructuras y han excavado valles de mayor o menor entidad son los del Cantal, del Infierno, de la Sepultura, Quemado, Saltadores, Purgatorio, Acebuchar, Las Lentejas, Mojonera, de los Gatos, de Piedras, el, Ballesteros, La Santa, Bebedores, Cuevas Altas, estrechamiento del Salto del Ciervo, etc.

El karst

Paisaje desarrollado sobre los materiales carbonatados de las áreas de cumbres y en las cabeceras de algunos barrancos. El karst en superficie (*exokarst*) se localiza, preferentemente, en los sectores más elevados de la sierra como los morrones de Espuña y Chico, Altos de Valdelaparra y Perona, cerros Pinos Blancos, Malvariche y Piedras Blancas, etc. Las formas que aparecen son los *lapiaces*, estrechamente condicionados por la solubilidad de la roca, la red de diaclasas y los planos de estratificación. Se hallan caracterizados por oquedades cilindroideas, surcos y acanaladuras separadas por aristas, unas veces agudas y otras redondeadas en función de la intensidad y tiempo del desmantelamiento que hayan sufrido en el proceso de exhumación. Con frecuencia, en la intersección de dos o más fracturas se han originado pilancones u oquedades de variables dimensiones, geoformas que cuando están rellenas de arcillas son poco permeables y retienen el agua de lluvia y de fusión de la nieve, entonces funcionan como abrevaderos temporales de la fauna de la sierra. En general, las oquedades del lapiaz se hallan más o menos rellenas por arcillas de descalcificación en donde se instala una vegetación característica del piso supramediterráneo tales como el pino (*Echinospartum boissieri*), el almohadillado asiento de pastor (*Erinacea anhyllis*), más algunos ejemplares de sabinas. Geoformas mayores del karst de Sierra Espuña son escasas. Se concretan en algunas torcas de reducido tamaño y, sobre todo el que puede ser, parcialmente, un polje: Prado Mayor. Este paisaje tiene como factor dominante el fuerte control estructural, pero también han intervenido los procesos de disolución en su modelado. En la vertiente Norte de la sierra, según estudio de Valenzuela (1961), tiene importancia el endokarst debido al desarrollo de una densa red hipogea que origina numerosos puntos de emisión como fuentes, unas fósiles que dejaron de emitir y otras funcionales.

Las superficies karsticas son áreas de absorción de las aguas de lluvia y de la fusión de la nieve que han dado

PILANCONES O GNAMMAS DE TAMAÑOS DECIMÉTRICOS, DESARROLLADOS EN LA SUPERFICIE DE DÉBIL INCLINACIÓN DE LA CIMA DEL MORRÓN DE ESPUÑA. *FLB.*





VEGETACIÓN ALMOHADILLADA EN EL LAPIAZ DE CUMBRES. *FLB*.



PRADO MAYOR, CUBETA INTRAMONTAÑOSA DE ORIGEN ESTRUCTURAL CON ACUSADOS RASGOS KÁRSTICOS. IMAGEN CAPTADA DESDE LA CUMBRE DEL MORRÓN DE ABAJO, A 1.380 M DE ALTITUD. MAG.

origen a una compleja red de circulación subterránea, de manantiales, de cavidades y simas. El paisaje subterráneo es uno de los aspectos más sobresalientes de este *endokarst*. Destaca la sima de la Higuera, que por sus dimensiones (156 m de desnivel y 5.500 m de desarrollo longitudinal) es la cavidad más importante de la Región. Su origen hidrotermal presenta una compleja red de galerías y bellas salas con profusión de formaciones geológicas (Martínez-Aledo *et.al.*, 2008). Otras importantes cavidades del rico patrimonio espeleológico de la sierra son: Sima del Almez, Pozo de los Musgos, Sima de la Raja del Pino, Sima del Lince, Sima de la Matea, Cueva de la Moneda....

En resumen, el relieve de la Sierra de Espuña tiene un alto valor geológico, geomorfológico, ecológico y cultural. Una montaña de calidad, belleza, bienestar y salud, pero sus paisajes son vulnerables a determinadas acciones de la actividad humana como el turismo poco respetuoso que puede ocasionar daños irreversibles.

Bibliografía

BOOTH,G; GARCIA-DUEÑAS, V., 1999: Estructuras extensionales en las Unidades Alpujarrides y Maláguides de la Sierra de la Tercia (Murcia, Béticas Orientales). *Geogaceta*, 25: 3941

IGME,1974a: Mapa Geológico de España E. 1:50.000. Hoja 932.COY. Memoria, 38 pp. Un mapa fuera de texto.

IGME,1974b: Mapa Geológico de España E. 1:50.000. Hoja 933. Alcantarilla. Memoria. Un mapa fuera de texto
IGME,1974c: Mapa Geológico de España E. 1:50.000. Hoja 953. Lorca. Memoria. Un mapa fuera de texto

LÓPEZ BERMÚDEZ, F., 1975: Depósitos de ladera en la Sierra de Espuña (Cordilleras Béticas). *Papeles del Departamento de Geografía*, 6:9-27

LÓPEZ BERMÚDEZ, F.; Conesa García, C.; Alonso Sarria, F., 1998: Ramblas y barrancos mediterráneos: medio natural y respuesta humana. *Mediterráneo*, 12/13: 223-242. Instituto Mediterráneo. Universidade Nova de Lisboa. Portugal

LÓPEZ BERMÚDEZ,F., 2007: Los paisajes geomorfológicos de la Región de Murcia. En *Atlas Global de la Región de Murcia*. A. Romero Coordinadora. Región de Murcia, Asamblea Regional, Fundación Cajamurcia., Murcia pp.188-190

MARTÍNEZ-ALEDO,M.A.;PÉREZBLANQUEZ,M.;LÓPEZ SANDOVAL,M., 2008: *Guía Geológica del Parque Regional de Sierra Espuña*. Consejería de Agricultura y Agua. Dirección General de Patrimonio Natural y Biodiversidad. Murcia, 216 pp. ISBN: 978-84 691-6366-5

PAQUET, J., 1969: *Étude Géologique de L'Ouest de la Province de Murcie (Espagne)*. Mémoires de la Société Géologique de France. Memoire nº 111., 1-270-Pt. I a VIII. 1 carte hors texte., 270 pp.

SANZ DE GALDEANO,C.; MARTÍN-MARTÍN,M.;ESTÉVEZ,A., 2000: Unidades tectónicas y estructura del sector meridional de Sierra Espuña (Cordilleras Béticas,Murcia).*Estudios Geológicos*,56:269-278

VALENZUELA, 1961: Un karst en la parte septentrional de la Sierra de Espuña. *I Semana de Estudios Murcianos*. Academia Alfonso X el Sabio. Murcia: 145-175.

PROCESOS Y FACTORES DE FORMACIÓN CARTOGRAFÍA DE LOS SUELOS DEL PARQUE REGIONAL DE SIERRA ESPUÑA

Ángel Faz Cano, José Alberto Acosta Avilés y Silvia Martínez Martínez

Introducción

En cualquier estudio cartográfico se ha de definir el ente natural que se pretende cartografiar, en este caso el suelo. De este modo el suelo puede definirse como “un objeto natural, resultado de los procesos formadores y capaz de permitir el crecimiento de las plantas facilitándoles la absorción de agua y nutrientes” (U.S.D.A., 2006). En este sentido, el suelo es visto como una parte de la naturaleza que ocupa una determinada posición en el espacio y que es resultado de la acción del clima y los organismos vivos (entre ellos el hombre) sobre el material parental a lo largo del tiempo (Jenny, 1941).

Para la adecuada gestión y manejo de cualquier espacio natural, como es el caso del Parque Regional de Sierra Espuña, es necesario conocer en detalle los recursos de los que dispone, entre ellos el suelo. Teniendo en cuenta que las propiedades de los suelos varían gradualmente de un lugar a otro, dando como resultado distintos tipos de suelos, y que en función de estas propiedades su manejo y gestión será diferente, es necesario la localización geográfica de los mismos, lo cual se realiza mediante una descripción discreta de dicha realidad a través de lo que denominamos mapas de suelos. Los mapas de suelo se pueden definir como documentos gráficos que muestran la distribución de los tipos de suelos empleando alguno de los sistemas de clasificación disponibles.

En los estudios cartográficos en los que el suelo es el ente a cartografiar conviene distinguir tres conceptos: a) el suelo como cuerpo natural (ente físico o real que se puede muestrear), b) el tipo de suelo (la clase taxonómica, según la clasificación utilizada) y c) la unidad cartográfica

(superficie cartográfica que ocupa en el espacio geográfico) (Dorronsoro, 2003). Cada unidad cartográfica representará el suelo o los suelos más frecuentes en esa zona, lo que determina el grado de pureza de la misma. Es decir, la cartografía de suelos consiste en el reconocimiento local y la representación gráfica en un plano de los diferentes tipos de suelos existentes en una zona.

Actualmente la realización de los mapas de suelos cuenta con técnicas que representan un ahorro de tiempo, así como una mayor calidad en el producto final. En este sentido destacar las fotografías de satélite y la teledetección entre otras; no obstante sigue siendo imprescindible el trabajo de campo, especialmente en mapas detallados. Además, la base de datos edáficos codificados con un Sistema de Información Geográfica (SIG) hace posible la restitución de contornos de las unidades cartográficas, localizar de forma precisa los puntos de los perfiles de suelo o de las observaciones, etc. En definitiva, la disponibilidad de datos de suelos estandarizados y presentados con una estructura compatible con otros sistemas constituye una herramienta de gran utilidad en los campos ambiental, forestal y, en general, en la mejor gestión de problemas económicos, sociales, etc.

El objetivo de este estudio fue elaborar una guía detallada del patrimonio edafológico del Parque Regional de Sierra Espuña; incluyendo la clasificación tipológica de los suelos según el sistema propuesto por W.R.B. (2006), así como su representación cartográfica, identificándose los procesos y factores edafogenéticos más destacados para cada tipo de suelo. Igualmente se contempla el desarrollo de itinerarios “edafológicos” para la observación de los suelos en campo.

Material y Métodos

Para la elaboración del mapa de suelos se realizaron las siguientes actividades: (1) un inventario morfológico de los suelos, (2) estudio de sus propiedades y atributos asociados, (3) evaluación de los factores y procesos formadores, (4) clasificación siguiendo la W.R.B. (2006), (5) determinación de la superficie que ocupan y, finalmente, (6) elaboración del documento cartográfico.

Con el fin de realizar un minucioso recorrido por todas las zonas del Parque se realizó una sectorización del mismo a escala 1:20 000 usando tanto el mapa topográfico nacional como la ortofoto digital, dando como resultado 19 sectores. Posteriormente, se llevó a cabo la fotointerpretación de cada sector, dividiendo la superficie en unidades morfofisiográficas, y se realizaron visitas de campo para llevar a cabo la observación y muestreo de un número de perfiles tal que permitiera la identificación de los tipos de suelos predominantes así como posibles inclusiones y asociaciones presentes en cada uno de los sectores.

Como asociación se entiende la representación de dos tipos de suelos en una misma zona, siendo la superficie de cada uno de ellos del 50 %. Por su parte, se han considerado dos tipos de inclusiones, de primer y de segundo orden, las de primer orden incluyen aquellos suelos que están representados en una superficie entre el 10 % y el 5 %, mientras que las de segundo orden son los suelos que ocupan una superficie del 5 % o menos.

Cada perfil observado en campo se evaluó *in situ*, identificando su situación, altitud, clima del suelo, forma del terreno y topografía, vegetación y uso de la tierra, material original, profundidad efectiva, características de superficie, y relación suelo-agua; además, se realizó la descripción macromorfológica de los horizontes siguiendo las indicaciones de la Guía de Descripción de Suelos de F.A.O.-I.S.R.I.C. (2006). Se procedió a su muestreo y determinación analítica de sus propiedades y características edafológicas para su posterior clasificación utilizando la Guía de Clasificación de Suelos W.R.B. (2006).

Para la delimitación de los diferentes tipos de suelos que aparecen en el Parque, la herramienta utilizada fue el análisis de las fotografías aéreas mediante la metodología GIS (*Geographical Information System*) combinada con las observaciones obtenidas en campo y las determinaciones

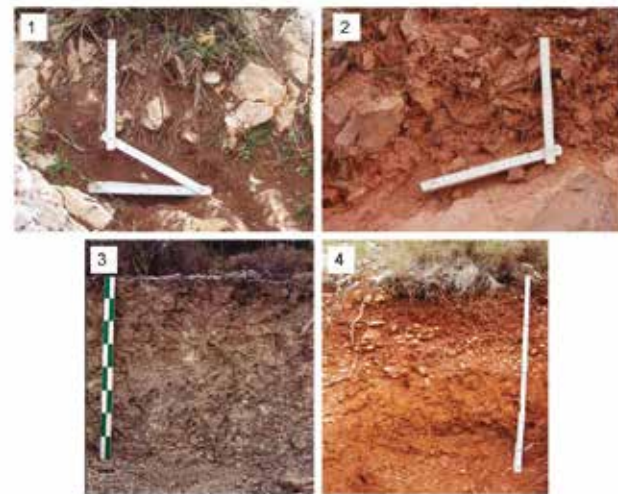


FIGURA 1. PERFILES DESARROLLADOS SOBRE CALIZAS (1), ARGILITAS (2), MARGAS (3) Y COLUVIOS (4). AFC.



FIGURA 2. DIFERENTES GRADOS DE HUMIFICACIÓN DEL HORIZONTE SUPERFICIAL, POCO HUMIFICADO (1), MEDIANAMENTE HUMIFICADO (2) Y ALTAMENTE HUMIFICADO (3). JA.

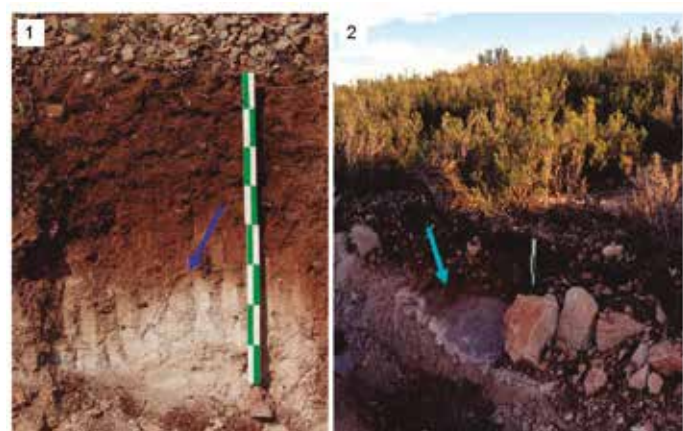


FIGURA 3. HORIZONTES CÁLCICO (1) Y PETROCÁLCICO (2) DONDE SE APRECIAN LOS PROCESOS DE CALCIFICACIÓN Y PETRIFICACIÓN. AFC.

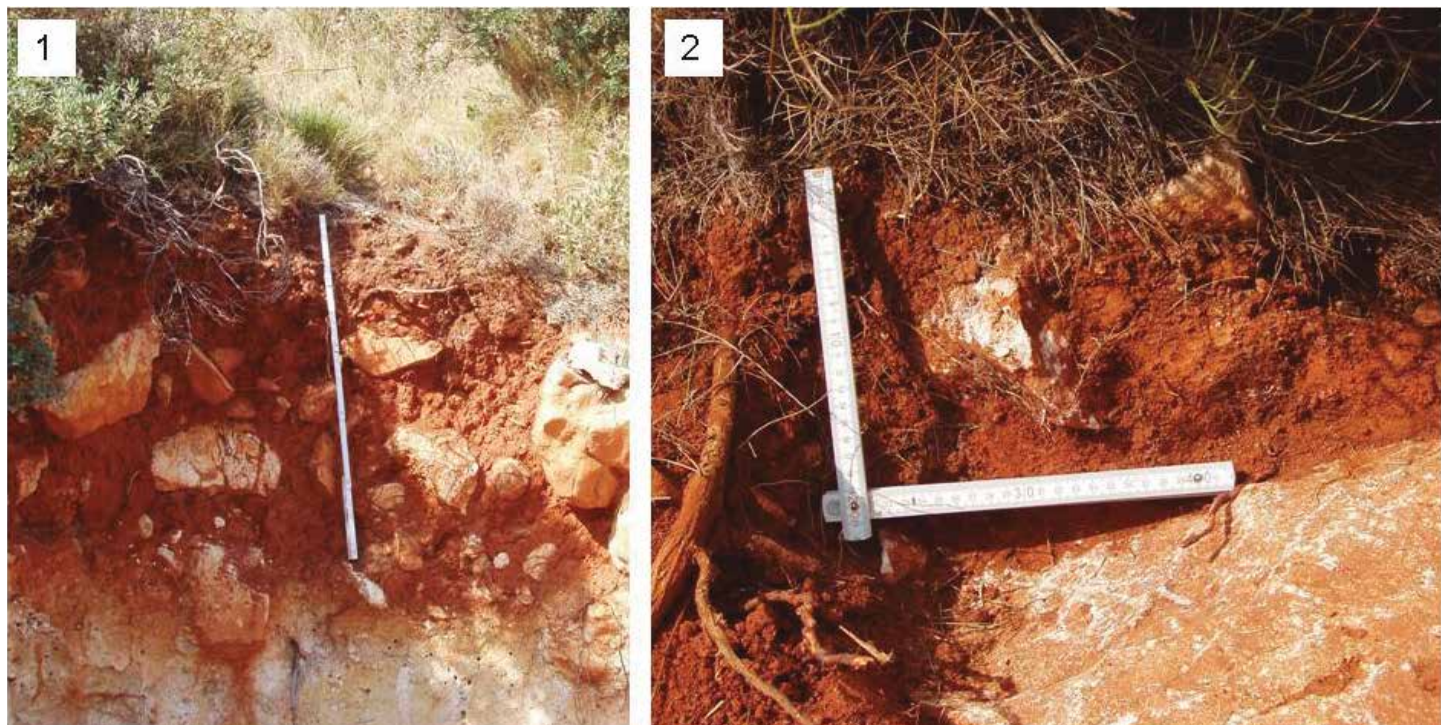


FIGURA 4. PERFILES DONDE SE APRECIA EL COLOR ROJIZO CARACTERÍSTICO DEL PROCESO DE RUBEFACCIÓN (1) E ILIMERIZACIÓN (2). AFC.

analíticas del laboratorio. De este modo, el mapa digital de los distintos tipos de suelos incluyendo suelos principales, asociaciones, e inclusiones de diferente grado, ha sido obtenido tras la digitalización de la información mencionada anteriormente.

Resultados y discusión

FACTORES DE FORMACIÓN DE LOS SUELOS DEL PARQUE REGIONAL DE SIERRA ESPUÑA

Para poder comprender tanto la presencia de los tipos de suelos presentes en el Parque como su formación, se deben de conocer aquellos factores que han influenciado en el desarrollo de los mismos. Estos factores de formación, son los siguientes:

LITOLOGÍA

El efecto de la litología en el desarrollo y evolución de los suelos está condicionada tanto por la cohesión o compactación de los materiales litológicos como por su naturaleza química. En el caso de rocas carbonatadas consolidadas (calizas, dolomías, etc.) la formación de los suelos es muy lenta debido a la gran compactación y a la escasez de elementos no carbonatados. Cuando el material original es silicatado (esquistos, cuarcitas, argilitas etc.) el desarrollo del perfil del suelo puede ser más

rápido ya que la riqueza silicatada presente en dicho material es mucho mayor. Sobre rocas no consolidadas (Coluvios, etc.) los suelos evolucionan más rápidamente que sobre rocas compactas debido a su menor cohesión. Finalmente, cuando los suelos se forman a partir de sedimentos procedentes del arrastre de ladera (detríticos, heterométricos y poligénicos) originan una mayor diferenciación de horizontes debido a que las posiciones topográficas que ocupan facilitan la evolución del suelo por ser zonas más estables desde el punto de vista erosivo (Ver Figura 1).

VEGETACIÓN

La vegetación aporta al suelo abundantes restos orgánicos, tanto aéreos como subterráneos, dándole un cierto contenido en humus, característica que, junto al color más oscuro del horizonte superficial, es de gran importancia para la clasificación del tipo de suelo. Además, dicha cobertura vegetal actúa como freno para la erosión del suelo, de modo que donde más cobertura vegetal existe, aparecen suelos más evolucionados.

TOPOGRAFÍA

La topografía es otro factor condicionante del grado de desarrollo que puede alcanzar el suelo. Las variaciones

topográficas en un área montañosa como la estudiada definen zonas erosivas, acumulativas y superficies de compensación relativamente estables. En las partes más elevadas de las laderas y lugares con pendientes muy acusadas hay un constante rejuvenecimiento del suelo que impide el desarrollo del perfil debido a los procesos erosivos, sobre todo en las áreas con una cobertura vegetal poco densa.

CLIMA

El efecto del clima en la formación de un suelo es decisivo ya que éste actúa provocando la alteración del material original. Desde los efectos de la termoclastia en la fragmentación de la roca hasta en las reacciones químicas y bioquímicas controladas por el agua y temperatura, el papel del clima es fundamental e indudable. Sierra Espuña es probablemente el espacio natural más heterogéneo de la Región de Murcia, desde el punto de vista climatológico, debido a la compleja topografía y al fuerte desnivel altitudinal de más de 1.300 m. En este sentido, los suelos de Sierra Espuña presentan un régimen de temperatura térmico y un régimen de humedad arídico para altitudes menores de 700 m en umbría e inferior a 1.200 m en solana, siendo estos más frío y xérico (U.S.D.A., 2006) para suelos desarrollados a mayor altitud. Sin embargo, parte de los suelos existentes en el Parque presentan una génesis que no se puede explicar por las actuales condiciones climáticas. Dichos suelos son heredados de antiguas condiciones climáticas paleoambientales presentes en el Cuaternario y que debían provocar una edafogénesis más activa que la actual.

TIEMPO

Los diferentes procesos edafogenéticos que han acontecido en los suelos del Parque necesitan un determinado tiempo para su desarrollo. Así, hay procesos edáficos rápidos, como la humificación, mientras que otros procesos son más lentos, como es el empardecimiento, o en el caso más extremo la fersialitización que puede necesitar miles de años.

ACCIÓN ANTRÓPICA

El hombre puede modificar, en ocasiones, de manera importante, las condiciones ambientales del medio. La evolución natural de los suelos, se altera más o menos rápidamente, dependiendo del tipo y de la intensidad de actuación sobre ellos. No obstante, actualmente, dichas actuaciones están controladas.

Procesos edafológicos en el Parque Regional de Sierra Espuña

La evaluación de los perfiles edáficos ha permitido establecer los siguientes procesos de edafogénesis que han dado lugar a los suelos del Parque Regional de Sierra Espuña:

METEORIZACIÓN

La meteorización de la roca madre sobre la que se desarrollará un determinado tipo de suelo se puede realizar por dos procesos principalmente: la fragmentación o desagregación física o por alteración química de los constituyentes de la roca.

HUMIFICACIÓN

Bajo las condiciones naturales en que se encuentran los suelos del Parque Regional de Sierra Espuña, la vegetación aporta abundantes restos orgánicos, en superficie y en profundidad, que en parte experimentan una mineralización, favorecida por las condiciones climáticas, y en parte siguen un proceso de humificación (Figura 2). Ambos procesos son antagonistas; en el primero la materia orgánica fresca se degrada por acción microbiana a compuestos inorgánicos más o menos solubles (fosfatos, nitratos, sulfatos, etc.) y gaseosos (CO_2 y NH_3), mientras que el segundo conduce a la formación de compuestos orgánicos policondensados (humus) (Ver Figura 2).

CALCIFICACIÓN

El proceso de lavado y migración de carbonato cálcico suele dar lugar a la formación de horizontes de acumulación de esta sal de calcio (Figura 3). La naturaleza carbonatada de gran parte de los materiales litológicos determina que el proceso de lavado de CaCO_3 intervenga, con carácter general, en la génesis de los suelos de Sierra Espuña, si bien sólo excepcionalmente llega a ser total en algunos horizontes (suelos rojos ilimerizados).

PETRIFICACIÓN

Este proceso se encuentra estrechamente relacionado con el proceso de calcificación, ocurriendo cuando se produce una fuerte cementación causada por la acumulación masiva de carbonato cálcico en horizontes subsuperficiales. Este proceso se observa en las superficies de glaciares y laderas anexas al macizo que forma el Parque (Ver Figura 3).

RUBEFACCIÓN

Para entender este proceso se debe tener en cuenta que su evolución tuvo lugar bajo un clima distinto al actual, caracterizado por precipitaciones abundantes con fuertes contrastes estacionales y temperaturas elevadas. En estas condiciones el hierro liberado en la meteorización o hidrólisis química pasaría a estados de deshidratación, impartiendo un color marcadamente rojo (Ver Figura 4).

ILIMERIZACIÓN

El proceso de ilimerización o translocación de arcilla se produjo acompañando al anterior proceso, dando lugar a la formación de horizontes de acumulación de arcilla.

ARCILLIZACIÓN

La intensidad de la alteración química de los suelos del Parque Regional de Sierra Espuña, de por sí escasa debido a la aridez climática, aún está más ralentizada por la abundancia de carbonato cálcico en la mayor parte de los materiales litológicos. Como consecuencia inmediata, los procesos de arcillogénesis esencialmente consisten en una herencia por parte del suelo de los minerales de la arcilla procedentes del material original, siendo menos importante la transformación y muy escasa la neoformación.

EMPARDECIMIENTO

El empardecimiento de los suelos se detecta mediante la observación de la coloración parda que aparece en el suelo como consecuencia de la alteración de los minerales primitivos que liberan importantes cantidades de hierro, fundamentalmente en forma de goethita, que junto con la formación de agregados estructurales en profundidad hacen posible la diferenciación de un horizonte de alteración.

Cartografía de los suelos del Parque Regional de Sierra Espuña

En la Figura 5 se presenta el mapa de suelos predominantes en el Parque Regional de Sierra Espuña. La nomenclatura que ha sido utilizada es la siguiente: Calcisoles (CL), Regosoles (RG), Kastanozems (KS), Phaeozems (PH), Leptosoles (LP), háplico (ha), petrocálcico (pt), léptico (le), cálcico (cc), lítico (li) y rendsinico (rz). Destacar que cuando aparecen dos tipos de suelo separados con un guión significa que es una asociación. (Ver Figura 5).

Como se puede ver, en Sierra Espuña son frecuentes los suelos poco profundos (Leptosoles), en aquellos enclaves donde la edafogénesis es incipiente y está relacionada con el escaso desarrollo de la vegetación, como los que se dan en las cumbres de las sierras, laderas de solana, etc. Las zonas boscosas presentan los suelos más desarrollados, estructurados y fértiles (Kastanozems). Por su parte también aparecen con frecuencia horizontes de acumulación de carbonato cálcico secundario, dando lugar a Calcisoles. También existen suelos donde el alto contenido en materia orgánica es su característica diferenciadora (Phaeozems). Finalmente, existen ejemplos de suelos poco evolucionados como son los Regosoles.

Por otro lado, en la Figura 6 se presentan las inclusiones de primer y segundo orden. En este caso la nueva nomenclatura es la siguiente: Fluvisoles (FL), Cambisoles (CM), Luvisoles (LV), móllico (mo).

Entre las inclusiones de primer orden aparecen nuevos tipos de suelos, como son los que originan ríos y ramblas tras prolongados años de depósito de materiales producto de la erosión (Fluvisoles). O aquellos que presentan horizontes de alteración, conocidos con el nombre de Cambisoles. Así como suelos donde se observa el proceso de lavado de arcilla de horizontes superficiales a otros infrayacentes (Luvisoles). (Ver Figura 6).

Características de los tipos de suelos presentes en el Parque Regional de Sierra Espuña

LEPTOSOLES

Son suelos de poca profundidad debido a la presencia de una roca dura. Se encuentran ampliamente distribuidos por todo el Parque, siendo los Leptosoles líticos más frecuentes en las zonas de mayor altitud de la Sierra, mientras que los háplicos se pueden encontrar en cotas más bajas (Ver Figura 7). Además, ambos tipos se encuentran asociados tanto a Calcisoles háplicos como lépticos, así como a Regosoles lépticos y Phaeozems háplicos.

La erosión es la mayor amenaza en las áreas de Leptosoles, particularmente donde la alta presión de población, la sobreexplotación y creciente contaminación ambiental llevan al deterioro de los bosques. Desde el punto de vista forestal es la falta de espesor de suelo el limitante principal.

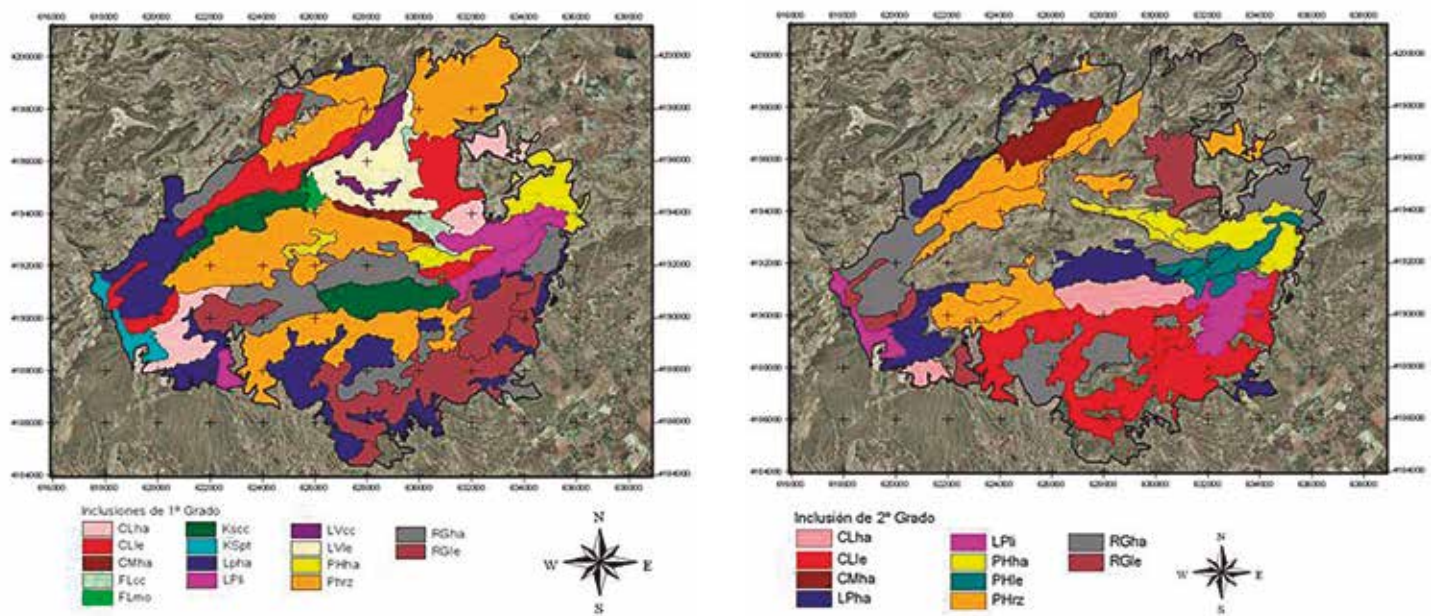


FIGURA 6. INCLUSIONES DE PRIMER Y SEGUNDO ORDEN DEL PARQUE REGIONAL DE SIERRA ESPUÑA

FLUVISOLES

Son suelos desarrollados a partir de depósitos aluviales recientes que pueden presentar una secuencia de capas que no son propiamente horizontes edáficos, ya que cada una de estas capas corresponde a un depósito. Se encuentran ocupando los cauces de ramblas, barrancos y cañadas de la zona de estudio, destacando en la parte baja del Valle del Leyva y en Prado Mayor.

Los sedimentos que los originan provienen de la erosión de horizontes superficiales de suelos situados en zonas aguas arriba de los cursos hidrográficos; por tanto suelen tener un contenido en materia orgánica relativamente elevado y que se distribuye en el perfil de una manera irregular.

KASTANOZEMS

Son suelos con un elevado contenido en materia orgánica en el horizonte superficial (móllico) y presencia de un horizonte de acumulación de carbonato cálcico (cálcico). Se encuentran asociados íntimamente a Calcisoles háplicos, localizándose en el Valle del Leyva (Ver Figura 7). Si se observa el mapa de las inclusiones de primer orden, se puede ver cómo los Kastanozems cálcicos están presentes en las zonas del interior de la Sierra, siendo zonas boscosas, principalmente en orientación de umbría donde se ha producido una importante incorporación de materia orgánica al suelo procedente de la intensa cobertura vegetal

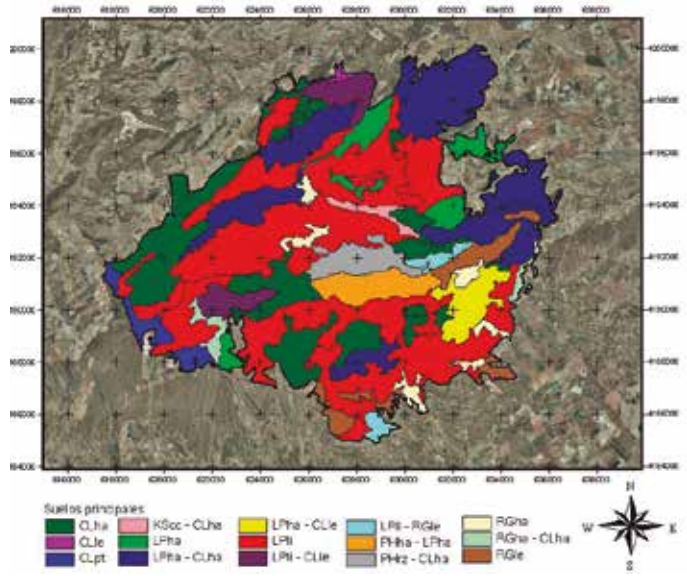


FIGURA 5. SUELOS PRINCIPALES DEL PARQUE REGIONAL DE SIERRA ESPUÑA



FIGURA 7. LEPTOSOL, PHAEOZEM (2) Y KASTANOZEM (3) EN EL PARQUE REGIONAL DE SIERRA ESPUÑA. JAA.

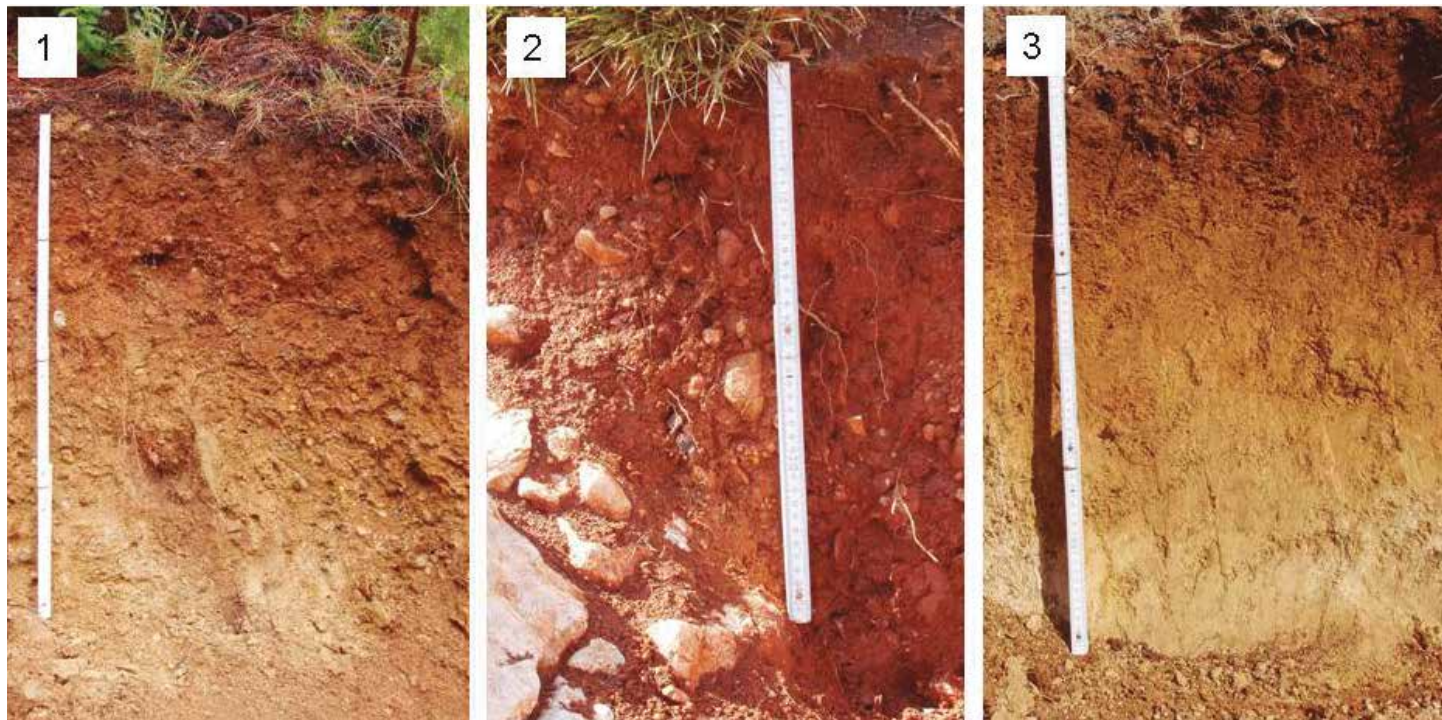


FIGURA 8. CALCISOL (1), LUVISOL (2) Y CAMBISOL (3) EN EL PARQUE REGIONAL DE SIERRA ESPUÑA. AFC.

que cubre estas áreas. Por el contrario, los Kastanozems petrocálcicos se localizan exclusivamente y, a modo de inclusión, en la zona oeste del Parque, a baja altitud donde se ha producido un intenso lavado de carbonato cálcico secundario que ha llegado a cementar formando el horizonte petrocálcico, además se encuentran asociados a zonas con una buena cobertura vegetal que le ha proporcionado las características del horizonte superficial móllico.

Los Kastanozems son suelos potencialmente ricos en nutrientes debido al alto contenido de materia orgánica, siendo la falta de humedad del suelo el obstáculo principal para mantener este contenido en materia orgánica. Desde el punto de vista forestal, destacar que están relacionados con posiciones topográficas de umbría debido a que presentan una mayor cobertura vegetal que proporciona una buena humificación al suelo y lo protege en gran medida de los procesos erosivos.

PHAEOZEMS

Son suelos con un elevado contenido en materia orgánica, bien estructurado y saturado en bases en su horizonte superficial (móllico). Los Phaeozems háplicos y rendsinicos se localizan en la zona central del Parque, concretamente entre el Centro de Interpretación Ricardo Codorniu y el

collado Bermejo (Figura 7). Estando asociados tanto a Leptosoles háplicos como a Calcisoles háplicos.

Si se observa el mapa de inclusiones de primer grado, destaca cómo los Phaeozems rendsinicos se encuentran ampliamente distribuidos por una buena parte del Parque debido a la naturaleza calcárea que presenta la Sierra.

Los Phaeozems son suelos porosos y fértiles localizados en posiciones topográficas de umbría debido a que presentan una mayor cobertura vegetal que proporciona una buena humificación al suelo. Sin embargo, la erosión eólica e hídrica son sus principales peligros, sobre todo cuando estos suelos se localizan en zonas de pendientes pronunciadas, donde esta erosión puede producir la disminución e incluso la eliminación del horizonte superficial perdiendo todas sus características de fertilidad.

CALCISOLES

Son suelos con un horizonte de acumulación de carbonato cálcico (cálcico) en profundidad y escasa presencia de materia orgánica en el horizonte superficial (ócrico). Son suelos muy extendidos en todo el Parque (Figura 8). Además de presentarse como suelo principal en una superficie amplia, también muestran asociaciones con Kastanozems,

Leptosoles y Regosoles de diferente tipo. Destacar que los Calcisoles pétricos solo quedan representados en la parte oeste del Parque en zonas de baja altitud donde el lavado de carbonato cálcico secundario ha sido muy intenso, hasta el punto de cementar para formar el horizonte petrocálcico. Por su parte, los Calcisoles lépticos quedan localizados principalmente en la zona norte del Parque. Finalmente, los Calcisoles háplicos se distribuyen por todo el Parque no teniendo ninguna zona preferencial en el mismo.

Si se presta atención al mapa de suelos de las inclusiones de primer orden, se aprecia como éstas se encuentran, principalmente, en la mitad norte del Parque, siendo tanto de Calcisoles lépticos como háplicos, localizados los primeros en zonas donde la roca dura está más próxima a la superficie.

Desde el punto de vista forestal los Calcisoles presentes en Sierra Espuña están bajo una cobertura vegetal media, tratándose de suelos profundos con muy buena aptitud forestal, excepto en el caso de los Calcisoles pétricos en los que su profundidad se ve impedida por una costra caliza coherente y dura (horizonte petrocálcico) que impide la penetrabilidad de las raíces. Esta costra caliza, debido a su singularidad, debería ser conservada, por lo que cualquier actividad encaminada a mejorar la cobertura vegetal de una zona de Calcisoles pétricos pasaría por reforestar con especies cuyas raíces no profundizaran hasta este horizonte, con el objetivo de que no se produjera su ruptura.

LUVISOLES

Son suelos con un horizonte superficial pobre en materia orgánica (ócrico) del cual se ha desarrollado un horizonte de acumulación de arcilla (argílico). Están muy escasamente representados en el Parque, quedando representados en la zona de Prado Mayor y alrededores (Figura 8). Quedan caracterizados por una liberación de óxidos de hierro (rubefacción) que junto con la migración de arcilla (ilimerización) constituyen la fersialitización. Debido a que este proceso necesita unas condiciones climáticas más cálidas y húmedas, no puede darse en las condiciones actuales, por lo tanto, se consideran como paleosuelos y suelos policíclicos.

La mayoría de los Luvisoles son suelos fértiles; no obstante, en el Parque, los Luvisoles que aparecen se encuentran relacionados con pendientes fuertes donde la erosión es su principal amenaza, por lo que se recomienda llevar a cabo actividades que disminuyan la erosión.

Desde el punto de vista forestal se recomienda su conservación al tratarse de verdaderos paleosuelos que son vestigio de unas paleocondiciones ambientales reinantes entre el Plioceno y Pleistoceno. Sin embargo, el manejo forestal inadecuado lleva a una pérdida de las propiedades de estos suelos llegando a aflorar en superficie dicho horizonte de acumulación de arcilla, tal y como sucede en algunas zonas de elevada pendiente del Parque.

CAMBISOLES

Son suelos de muy escasa representación en el Parque, quedando localizados como inclusiones de primer orden en el Valle del Leyva, y como inclusiones de segundo orden en la zona norte (Figura 8). Destacar que en estos suelos, el proceso de empardecimiento, debido a la liberación de óxidos de hierro, es poco acentuado y sobre todo difícil de reconocer *in situ*, ya que el material original, siempre de naturaleza caliza, suele consistir en sedimentos de materiales edafizados ya empardecidos, que proceden de la erosión de los relieves próximos.

Desde el punto de vista forestal, los Cambisoles generalmente constituyen buenos suelos forestales. Sin embargo, los que se encuentran en pendientes escarpadas deben ser cubiertos por una cobertura vegetal adecuada, con el fin de preservar sus características; lo cual es particularmente recomendable en zonas montañosas, como Sierra Espuña.

REGOSOLES

Son suelos poco evolucionados con un horizonte superficial pobre en materia orgánica (ócrico). Se encuentran principalmente localizados en los límites del Parque, concretamente en el límite sur del mismo. En estas zonas los procesos edafogenéticos son muy poco pronunciados dando lugar a este tipo de suelos, siendo estos tanto háplicos como lépticos.

Los Regosoles, debido a que se desarrollan sobre materiales parentales poco consolidados, son susceptibles a ser erosionados con facilidad, sobre todo si se localizan en zonas de fuertes pendientes donde los procesos erosivos son muy intensos y continuamente rejuvenecen el perfil de suelo; de igual modo la realización de reforestaciones inadecuadas favorece los procesos erosivos.

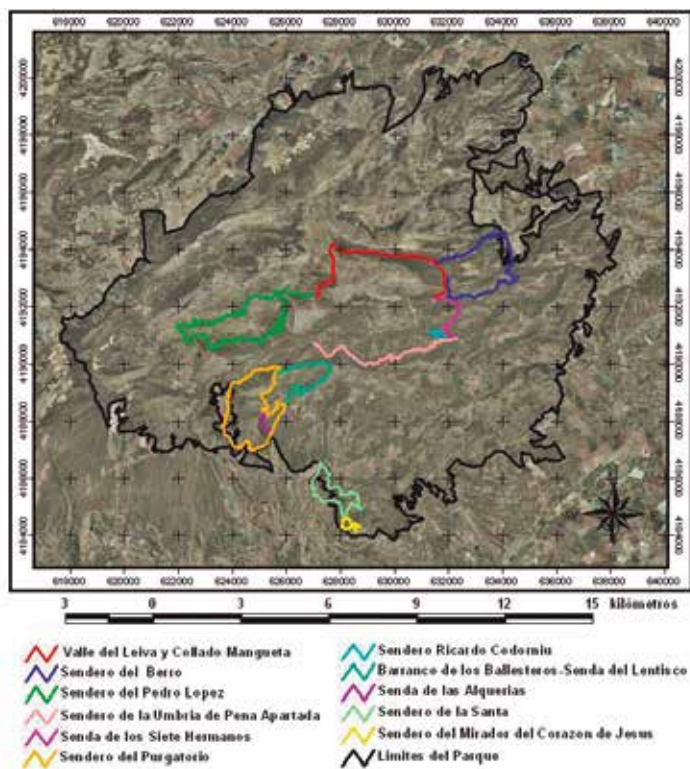


FIGURA 9. MAPA GENERAL DE LOS ITINERARIOS QUE HAN SIDO UTILIZADOS COMO ITINERARIOS EDAFOLÓGICOS.

Itinerarios Edafológicos

Los itinerarios edafológicos propuestos en el Parque Regional de Sierra Espuña se corresponden con aquellos que se encuentran señalizados en el mismo (Figura 9). En cada uno de los cuales se señalan tanto los principales tipos de suelos que se pueden observar en su recorrido como las características edafológicas más destacadas.

A modo de ejemplo, se muestra el recorrido que comienza en el Área recreativa de la Perdiz y termina en el Collado Mangueta, atravesando el Valle del Leiva (Figura 10). La distancia aproximada es de 7.950 m Este recorrido se ha dividido en cinco tramos atendiendo a los tipos de suelos presentes en el mismo:

PRIMER TRAMO

Al comienzo del recorrido el tipo de suelo predominante es el Calcisol háplico, caracterizado por la presencia de un horizonte cálcico de acumulación de carbonato cálcico

secundario. En esta misma zona se pueden ver inclusiones de Phaeozems háplicos con un horizonte superficial móllico característico de este tipo de suelos. Del mismo modo se encuentran ejemplos de Regosoles háplicos con una escasa evolución, evidenciados por no presentar ninguna característica diagnóstica.

SEGUNDO TRAMO

Continuando el recorrido, se pueden ver de forma puntual Fluvisoles cálcicos, cuya principal característica es la presencia de materiales aluviales procedentes del arrastre de las aguas de escorrentía del barranco de Leiva; además se observa la presencia de carbonato cálcico secundario en los horizontes subsuperficiales de este tipo de suelos.

TERCER TRAMO

Una vez en el Valle del Leiva, se puede ver cómo se alterna la presencia de Calcisoles háplicos anteriormente descritos y Kastanozems cálcicos, estos últimos se caracterizan por la presencia de un horizonte superficial móllico de acumulación de carbono orgánico y un horizonte subsuperficial cálcico. En este mismo tramo se observan Cambisoles háplicos caracterizados por la presencia de un horizonte subsuperficial de alteración, no observándose horizontes de acumulación de carbonato cálcico secundario, probablemente debido a que se encuentra a gran profundidad. De igual modo, se observan de forma puntual Phaeozems háplicos.

CUARTO TRAMO

Una vez alcanzado el Collado Blanco se pueden ver innumerables ejemplos de Leptosoles líticos, donde el espesor del suelo no supera los 10 cm asentándose directamente sobre la roca caliza. A su vez, en algunas zonas se pueden ver inclusiones de Phaeozems rendsinicos debido a que el horizonte superficial ha superado estos 10 cm de espesor y existe una importante acumulación de materia orgánica sobre la roca caliza.

QUINTO TRAMO

Finalmente, al alcanzar los Pozos de la Nieve de Murcia vuelven a aparecer Regosoles háplicos cubriendo gran parte de la superficie, con ciertas inclusiones de Phaeozems háplicos, debido a una mayor acumulación de materia orgánica en superficie que ha permitido la formación de un horizonte móllico.

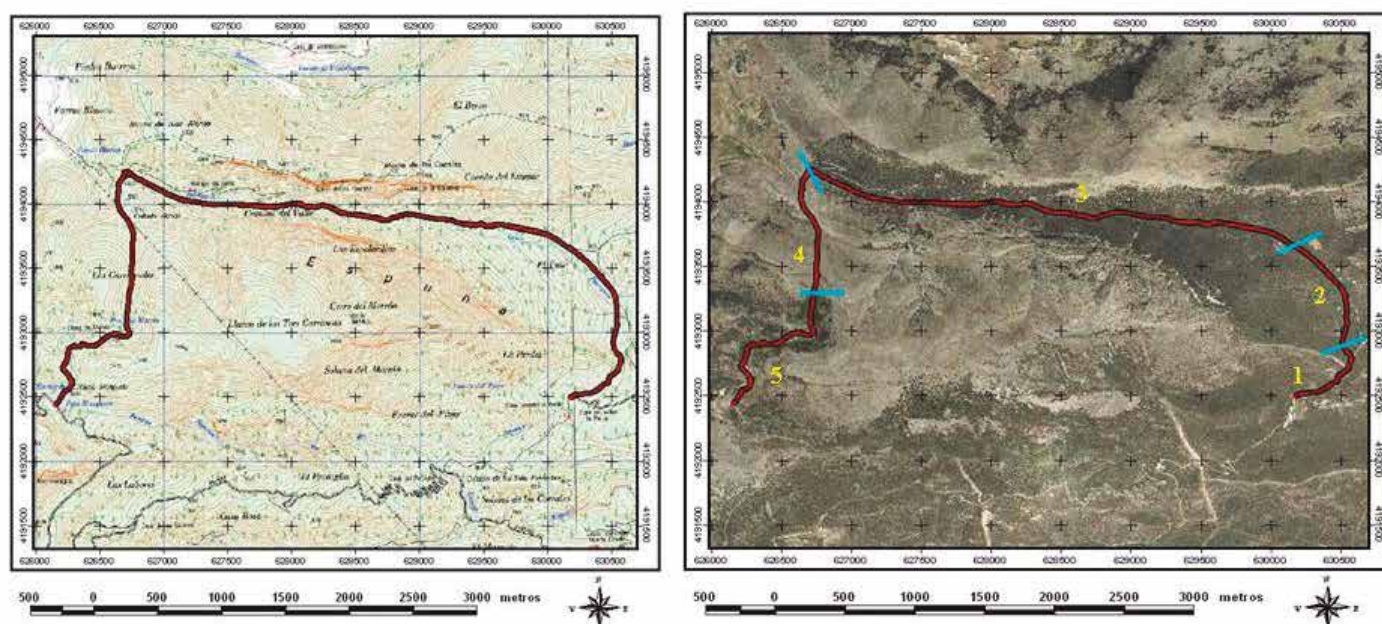


FIGURA 10. MAPA TOPOGRÁFICO Y ORTOFOTO DONDE SE ENCUENTRA EL SENDERO DEL VALLE DEL LEIVA Y COLLADO MANGUETA, INDICANDO CAMBIOS EN LOS TIPOS DE SUELO.

Bibliografía

DORRONSORO, C. (2003). Clasificación y Cartografía de Suelos. Departamento de Edafología y Química Agrícola. Universidad de Granada. España.

F.A.O.-I.S.R.I.C. (2006). *Guidelines for soil description*. 3rd Edition (Revised). Food and Agriculture Organization of the United Nations. Roma. 70 pp.

JENNY, H. (1941). Factors of soil formation. Mc Graw-Hill. Nueva York.

U.S.D.A. (2006). *Soil Taxonomy. A basic System of Soil Classification for Making and Interpreting Soil Surveys*. United States Department of Agriculture and Natural Resources Conservation Service. United States Department of Agriculture Printing Office, Washington, DC. 869 pp.

W.R.B. (2006). World Reference Base for Soil Resources. Atlas. Acco, Leuven. Bélgica. 79

Lista de Figuras

Figura 1. Perfiles desarrollados sobre calizas (1), argilitas (2), margas (3) y coluvios (4)

Figura 2. Diferentes grados de humificación del horizonte superficial, poco humificado (1), medianamente humificado (2) y altamente humificado (3)

Figura 3. Horizontes cálcico (1) y petrocálcico (2) donde se aprecian los procesos de calcificación y petrificación

Figura 4. Perfiles donde se aprecia el color rojizo característico del proceso de rubefacción (1) e ilimerización (2)

Figura 5. Suelos principales del Parque Regional de Sierra Espuña

Figura 6. Inclusiones de suelo de primer y segundo orden del Parque Regional de Sierra Espuña

Figura 7. Leptosol (1), Phaeozem (2) y Kastanozem (3) en el Parque Regional de Sierra Espuña

Figura 8. Calcisol (1), Luvisol (2) y Cambisol (3) en el Parque Regional de Sierra Espuña

Figura 9. Mapa general de los itinerarios que han sido utilizados como itinerarios edafológico

Figura 10. Mapa topográfico y ortofoto donde se encuentra el Sendero del Valle del Leiva y Collado Mangueta, indicando cambios en los tipos de suelo

GEOLOGÍA DE SIERRA ESPUÑA

Gregorio Romero Sánchez



Más allá de las colinas verdes de la Mittel Land, los bosques remontaban las imponentes laderas que conducían hasta la cima de los Cárpatos. Podíamos verlos a izquierda y derecha, iluminados por el sol de la tarde, que resaltaba los magníficos colores de la impresionante cordillera. Los picos se veían sombreados de azul y púrpura, o de marrón allí donde las rocas se entremezclaban con la hierba, y un interminable grupo de afiladas peñas y riscos se perdía a lo lejos, donde se alzaban imponentes cordilleras nevadas. A trechos, descubríamos grandes grietas en la montaña, a través de las cuales, cuando el sol se ponía, entreveíamos el destello blanco de los saltos de agua. Al pasar cerca de una colina, uno de mis compañeros de viaje me señaló la cima nevada de una montaña que apareció a la derecha del serpenteante camino: ¡Fíjese! ¡El Isten szek! ¡La “silla de Dios”!, y se santiguó respetuosamente.

Drácula, de Bram Stoker



Introducción

Estarán de acuerdo conmigo en afirmar que los paisajes que ofrece Sierra Espuña poseen un valor extraordinario. Pues bien, el aspecto y la configuración actual de estos paisajes se lo debemos a la geología, ya que constituye la base que sustenta el resto de elementos naturales tales como la existencia de un determinado tipo de vegetación o la prevalencia de unas faunas sobre otras. Todo aquel que profundice un poco en este tema advertirá que Sierra Espuña presenta unas características geológicas singulares: cuenta con una diversidad de rocas y fósiles muy poco usual, con afloramientos y series estratigráficas representativas de un buen número de periodos del tiempo geológico y con ejemplos de grandes pliegues y fallas que nos enseñan cómo han actuado los esfuerzos tectónicos a lo largo del tiempo. A todo ello se suma la presencia de conocidos elementos geomorfológicos, como las manifestaciones kársticas de las altas cumbres o los paisajes erosivos de los barrancos de Gebas, que añaden a este espacio protegido un excepcional interés de cara a la interpretación y divulgación científica. Hoy día podemos afirmar sin miedo a equivocarnos que Sierra Espuña es

uno de los lugares en los que han quedado registrados de manera excepcional los procesos y fenómenos geológicos que dieron lugar a una de las grandes cordilleras del continente europeo: la Cordillera Bética.

¿Dónde se ubica geológicamente Sierra Espuña?

Sierra Espuña se sitúa en la Cordillera Bética, una cadena montañosa que se extiende desde el golfo de Cádiz hasta Baleares, estando por tanto en parte sumergida entre Alicante y el archipiélago balear (Figura 1). Esta cordillera se formó durante el plegamiento alpino como resultado de la colisión de las placas Africana y Euroasiática. Aunque la deformación alpina comenzó hace aproximadamente 60 millones de años, el relieve actual está asociado principalmente a los procesos tectónicos ocurridos en los últimos 8 millones de años, desde el Tortonense superior hasta la actualidad. Este acercamiento entre África y Europa provocó que un pequeño bloque continental (Bloque de Alborán), situado entre ambas placas, fuera expulsado lateralmente hacia el oeste iniciando un viaje de más de

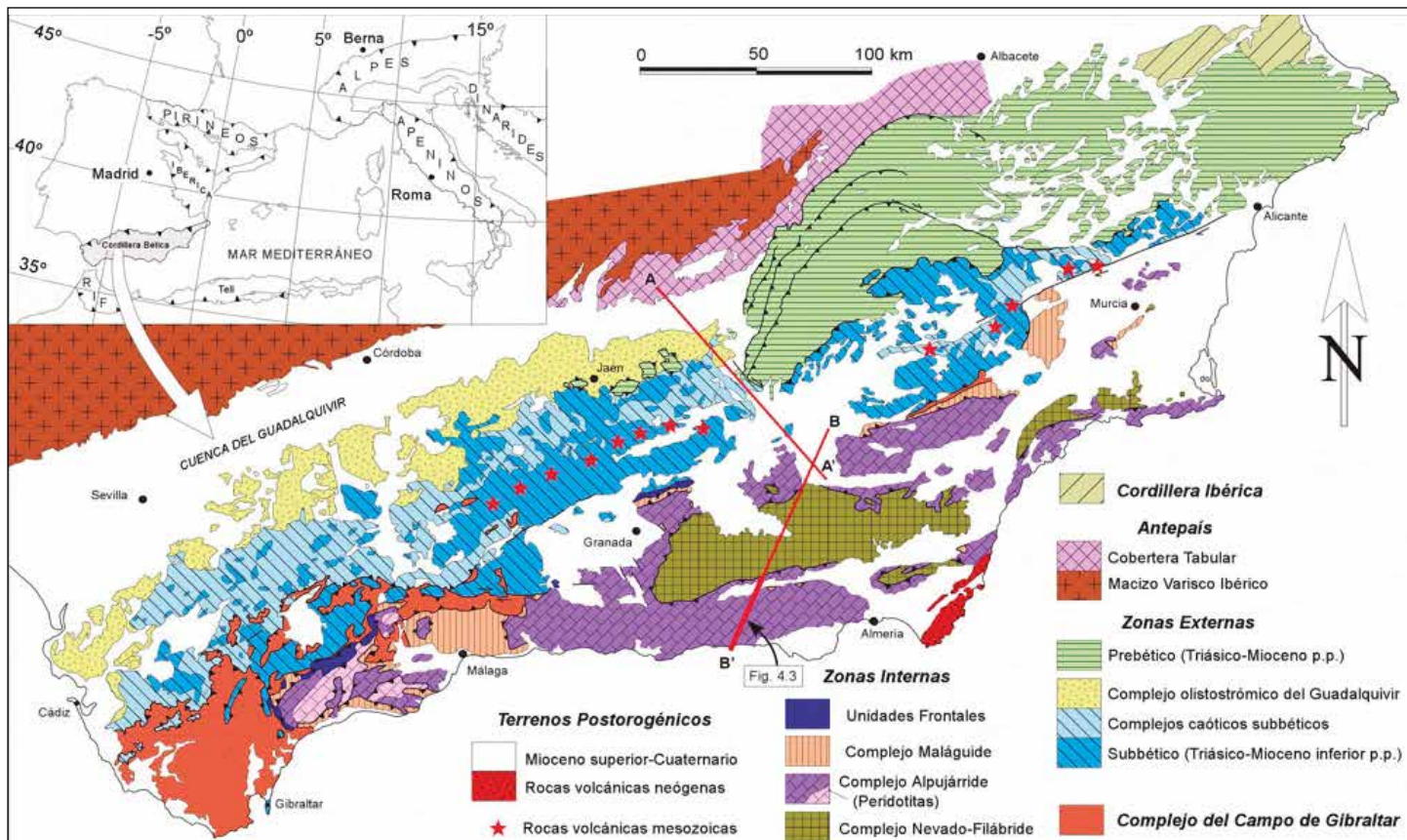


FIGURA 1. MAPA GEOLÓGICO DE LA CORDILLERA BÉTICA.

300 kilómetros hasta colisionar con Iberia. Los sedimentos que durante millones de años se habían acumulado en el fondo marino y yacían horizontales en la plataforma, comenzaron a ser comprimidos, deformados, fracturados y apilados en unidades tectónicas, hasta finalmente emerger en un proceso muy lento que todavía hoy presenta cierta actividad. Mientras los materiales que se depositaron en la plataforma marina forman parte de las Zonas Externas de la Cordillera Bética, el bloque continental que chocó con la misma es lo que se conoce como Zonas Internas, que fueron intensamente deformadas y afloran en la franja más meridional de la Cordillera.

Así pues, en este marco geológico regional, Sierra Espuña forma parte de las Zonas Internas que encontramos en la Región de Murcia, junto con sierras metamórficas próximas al litoral como Carrasquilla, Almenara, Moreras, Algarrobo, Cartagena-La Unión, Calblanque, Cabo de Palos, etc., y también afloramientos repartidos en el interior como las sierras de la Torrecilla, Tercia, Enmedio, Carrascosy, Monteagudo, Cabezo Gordo, etc.

Una cordillera que sigue formándose...

¿Por qué Sierra Espuña presenta la orografía que hoy contemplamos? La respuesta a esta pregunta la encontramos en la combinación de procesos erosivos y tectónicos que han controlado su relieve y que hoy día lo siguen haciendo. Como ya hemos comentado, el choque de placas dio como resultado una pila de mantos de corrimiento en las Zonas Internas cuya máxima deformación se alcanzó hace unos 19 millones de años. Sin embargo, a pesar de haber sufrido los mayores esfuerzos en ese momento, hoy sabemos que hace 8 millones de años las montañas de la Cordillera Bética no tenían un relieve tan acentuado como el actual (Sanz de Galdeano *et al.*, 2007). La explicación a este hecho hay que buscarla estudiando las rocas de ese antiguo Bloque de Alborán. Hace 8 millones de años este bloque dejó de desplazarse hacia el oeste, adquiriendo el campo de esfuerzos compresivo una dirección principal Noroeste-Sureste que actualmente se mantiene. Se formaron así grandes pliegues, la mayoría todavía activos, que generaron un relieve en el que los antiformes coinciden con las principales sierras de la Cordillera y los sinformes lo hacen con valles o depresiones.

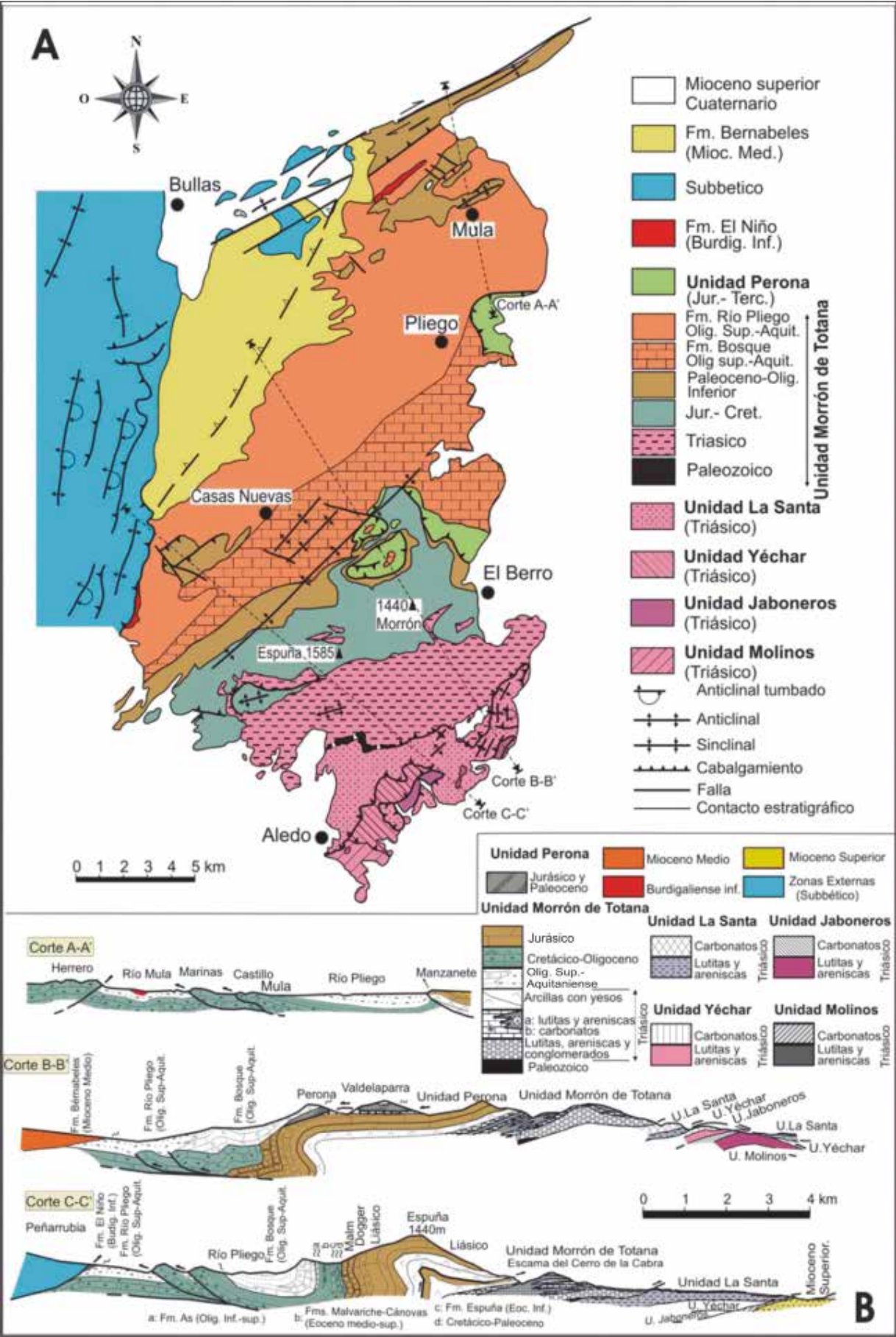


FIGURA 2. GEOLOGÍA (MAPA Y CORTES) DEL ÁREA DE SIERRA ESPUÑA. LOS CORTES MUESTRAN CLARAMENTE EL APILAMIENTO DE UNAS UNIDADES SOBRE OTRAS PROVOCANDO EL CRECIMIENTO DE LA SIERRA, ASÍ COMO LA MORFOLOGÍA ANTICLINAL QUE PRESENTA EL MORRÓN DE TOTANA (FIGURA TOMADA DE MARTÍN-MARTÍN & MARTÍN ALGARRA, 2004).



FIGURA 3. ROCAS TRIÁSICAS MUY DIFERENTES EN LAS INMEDIACIONES DEL SANTUARIO DE LA SANTA (TOTANA): EN LA BASE, ARENISCAS DE UN COLOR ROJO INTENSO, Y CORONANDO LA SERIE DOLOMIÁS GRISÁCEAS, ROCAS MÁS DURAS Y RESISTENTES A LA EROSIÓN. GRS.

En la actualidad, las placas Africana y Euroasiática se aproximan a una velocidad de entre 4 y 5 milímetros al año, acumulándose grandes cantidades de energía a lo largo de fallas activas sísmicamente (fallas de Alhama de Murcia, Carrascoy, Crevillente...) y provocando terremotos cuando ésta se libera. En este sentido, si el contexto compresivo se mantiene en los próximos miles o millones de años, las montañas como Sierra Espuña seguirán elevándose como lo han hecho hasta ahora. Ahora bien, lo que desconocemos es si este levantamiento tectónico y los procesos erosivos han alcanzado ya un equilibrio. Para eso habrá que seguir investigando y desarrollando estudios de este tipo en la Cordillera Bética (Sanz de Galdeano *et al.*, 2007).

Geología de Sierra Espuña

Podemos imaginarnos el macizo de Sierra Espuña como una gran tarta en la que se superponen numerosas capas. En vez de galleta, bizcocho y chocolate encontramos grandes unidades de roca de distinta naturaleza y edad montadas unas encima de otras. Este complejo conjunto de mantos de la sierra aparece plegado y organizado como un gran pliegue antiformal de unidades mesozoicas y cenozoicas que cabalgan. Por su parte, la depresión de Mula-Pliego



FIGURA 4. LA INTENSA DEFORMACIÓN TECTÓNICA SUFRIDA SE HACE EVIDENTE EN ESTOS ESPECTACULARES PLIEGUES EN ROCAS DEL JURÁSICO. SE PUEDEN OBSERVAR EN LA PISTA FORESTAL QUE DESDE COLLADO BERMEJO CONDUCE HASTA MALVARICHE. GRS.

constituye el equivalente sinforme ocupado por terrenos terciarios (Figura 2). Dentro de Sierra Espuña los geólogos distinguen una zona meridional y otra septentrional. La primera está formada fundamentalmente por materiales triásicos (filitas, cuarcitas, dolomías, areniscas) que afloran al sur del Parque en zonas como Campix, La Santa, Yéchar

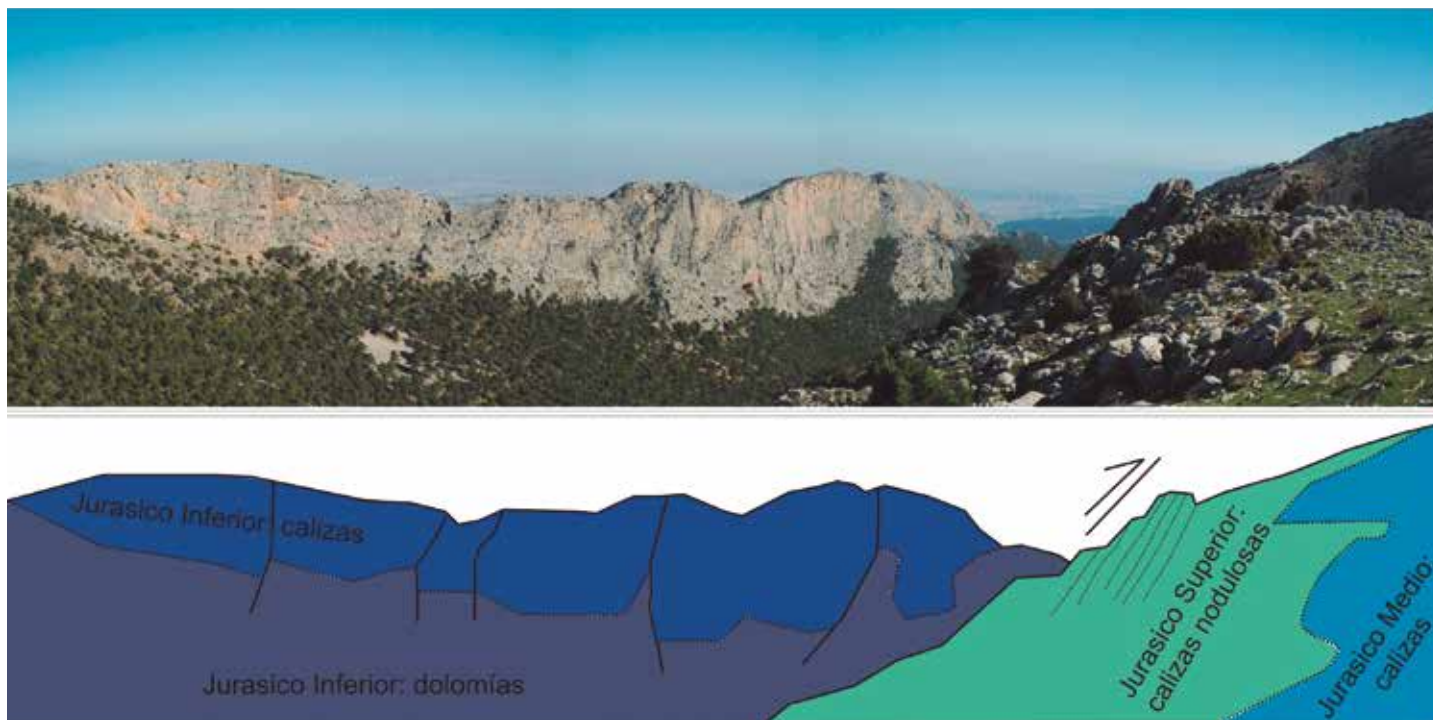


FIGURA 5. PANORÁMICA DE LAS PAREDES DE LEIVA Y SU INTERPRETACIÓN GEOLÓGICA. LAS DOLOMIAS Y CALIZAS JURÁSICAS QUE FORMAN LOS FAMOSOS ESCARPES ESTÁN AFECTADAS POR UNA FALLA INVERSA TAL Y COMO SE ILUSTRAN EN EL ESQUEMA. MMM.

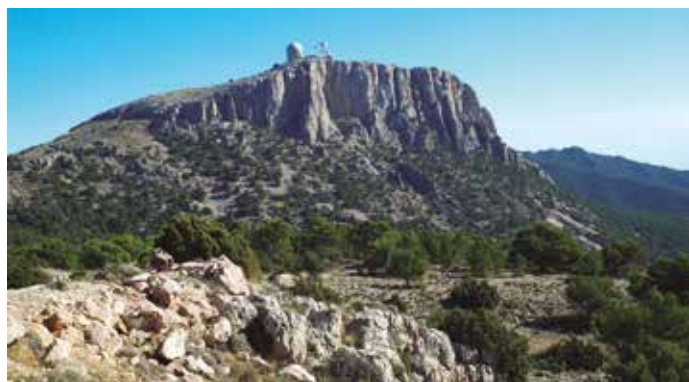


FIGURA 6. VISTA DEL MORRÓN DE TOTANA O DE ESPUÑA CON SU CARACTERÍSTICO DIACLASADO VERTICAL. LA EXISTENCIA DE FRACTURAS FAVORECE LA ACCIÓN EROSIVA DEL AGUA Y DEL HIELO SOBRE LA ROCA QUE TERMINA FINALMENTE POR DESPRENDERSE: LOS AGENTES ATMOSFÉRICOS COMO ESCULTORES DEL PAISAJE. MAM.

y los Molinos (Figura 3). Se trata de las unidades que forman el núcleo de ese antiforme. Por otro lado, a medida que ascendemos topográficamente, van apareciendo los terrenos del Jurásico, Cretácico y Terciario de la unidad más importante del macizo: ¡el Manto del Morrón de Totana! Es la que ocupa prácticamente toda el área de la sierra y la que presenta mayor espesor. Internamente sus rocas están muy deformadas, con innumerables fallas y pliegues que

complican su interpretación (Figuras 4 y 5). De hecho, el propio pico del Morrón de Totana, imagen emblemática de la sierra, consiste en un gran pliegue en rodilla de calizas y dolomías marinas del Jurásico Inferior. Su diaclasado vertical genera agujas de roca que con el tiempo se desploman ladera abajo (Figura 6). Son precisamente en las zonas de mayor elevación de la sierra (Morrón de Totana, Morrón Chico, Pedro López, Altos de Valdelaparra y Perona) donde aparecen mejor representados los paisajes modelados por procesos kársticos, encontrando una gran variedad de elementos relacionados con la disolución de la roca: pavimentos, lapiazes, dolinas y cavidades (Martín Martín *et al.*, 2006). El carácter permeable de estas calizas y dolomías jurásicas de las cumbres es el responsable de la acumulación subterránea del agua de lluvia. Se forman así acuíferos que alimentan numerosos manantiales cuyas aguas brotan en puntos de la sierra en los que aparecen niveles impermeables de materiales arcillosos. La Fuente de la Carrasca, Fuente del Hilo, Fuente Rubeos, Fuente Bermeja o Fuente Blanca son algunas de estas surgencias (Figura 7). Desde el punto de vista paleontológico, las rocas jurásicas de Espuña han proporcionado una fauna de ammonites y braquiópodos de gran importancia (Figura

8), ya que es uno de los pocos enclaves de las Zonas Internas de la Cordillera Bética en los que se tiene constancia de la presencia de estos fósiles (Caracuel *et al.*, 2006; Baeza-Carratalá *et al.*, 2011).

El Cretácico de la sierra sigue siendo el gran desconocido. Aflora en una delgada banda que se extiende desde las proximidades de la Casa del Carretero hasta Prado Mayor, reapareciendo de manera muy reducida en el sector del Barranco de la Hoz. Estudiando las rocas de este periodo se han reconocido importantes discontinuidades en el registro estratigráfico debido a cambios en la sedimentación marina. En las arenas y margas del Albiense aparecen los famosos fosfatos de Prado Mayor que fueron objeto de estudio para su explotación a mediados del siglo pasado.

Y llegamos al Terciario, el intervalo temporal mejor representado en Sierra Espuña. Su estudio permite reconstruir subidas y caídas del nivel del mar relacionadas con cambios climáticos. Estos cambios transformaban el paisaje, alternándose a lo largo del tiempo ambientes marinos más o menos profundos, con medios litorales o claramente terrestres. Según lo que nos cuenta la estratigrafía, en Sierra Espuña encontramos de abajo a arriba: 1) un Paleoceno marino poco profundo representado por calcarenitas y areniscas que afloran principalmente en las inmediaciones de Mula; 2) un Eoceno marino somero o de transición marino-continental, caracterizado por una abundante fauna bentónica y planctónica, con calizas, margas, y margocalizas. Está muy bien representado en los parajes de Malvariche y Prado Mayor; 3) Un Oligoceno Inferior marino somero a profundo con calizas de grandes bivalvos y gasterópodos que afloran en el barranco de la Hoz y un Oligoceno Superior muy bien representado en el Alto del Bosque con calizas algales y conglomerados (Figura 9). Los terrenos del Mioceno Superior se distribuyen por un lado en las partes bajas de la sierra y su borde norte y sureste (El Berro, Barrancos de Gebas, Alhama, Aledo, Totana), y por otro en afloramientos localizados en el propio corazón del macizo: Pico de la Garita y Loma de la cueva del Lobo Rabote. Por último, los materiales cuaternarios aparecen estrechamente relacionados con el paisaje actual. Encontramos así conglomerados, arenas y limos en arroyos y barrancos, así como una gran diversidad de elementos geomorfológicos ligados a fenómenos de ladera: glaciares, canchales, desprendimientos (Figura 10).



FIGURA 7. MANANTIAL DE FUENTE BLANCA. SU ORIGEN ESTÁ LIGADO A LA PRESENCIA DE UNA IMPORTANTE FALLA QUE PONE EN CONTACTO LAS CALIZAS JURÁSICAS DE LOS RELIEVES CON LAS ARCILLAS IMPERMEABLES DEL TERCIARIO QUE AFLORAN EN PRADO MAYOR. GRS.



FIGURA 8. EJEMPLAR DE REHMANNIA FREII, FÓSIL DE AMMONITES DE EDAD CALLOVIENSE (JURÁSICO MEDIO) LOCALIZADO EN LA SECCIÓN DE MALVARICHE. MMM.



FIGURA 9. CONGLOMERADOS DE EL BOSQUE QUE NOS INDICAN LA PRESENCIA DE ANTIGUOS ABANICOS DELTAICOS QUE DESEMBOLABAN EN EL MAR AL FINAL DEL OLIGOCENO, HACE 25 MILLONES DE AÑOS. ESTOS ABANICOS ERAN ALIMENTADOS POR LOS RELIEVES RECIÉN CREADOS DE SIERRA ESPUÑA. MMM.



Bloques caídos junto al sendero

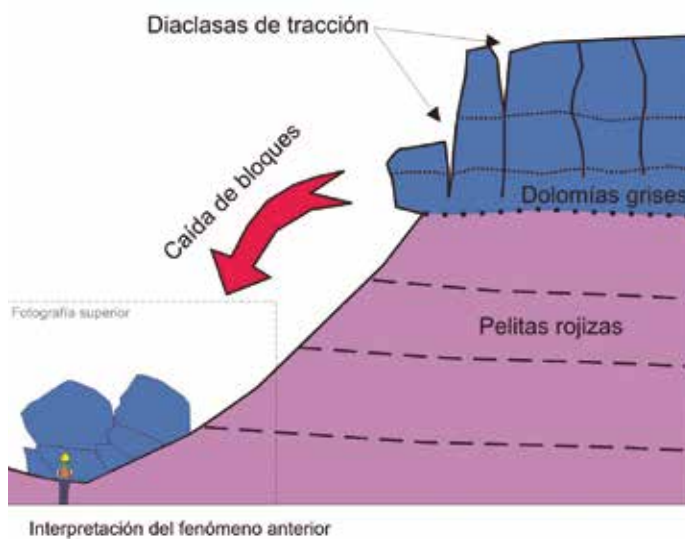


FIGURA 10. CAÍDA DE BLOQUES EN EL SENDERO DE LA UMBRÍA DE PEÑA APARTADA. EL ESQUEMA MUESTRA EL RESULTADO DEL DESPRENDIMIENTO DE LAS PARTES ALTAS DE LAS PAREDES FORMADAS POR CAPAS DE ROCA DE DISTINTA COMPOSICIÓN Y DUREZA A LAS INFERIORES, RESPONDIENDO ASÍ DE DIFERENTE MANERA A LA EROSIÓN. MMM.

Los primeros geólogos en España

A mediados del siglo XIX Sierra Espuña comenzó a despertar gran interés entre los científicos e investigadores de la época por la belleza de sus paisajes y su compleja geología (Martín-Martín *et al.*, 2010). Es a partir de ese momento cuando empiezan a aparecer en la literatura especializada las primeras citas y descripciones geológicas de los terrenos que forman el macizo. Uno de los primeros autores que tratan los aspectos geológicos de Sierra Espuña fue el ingeniero de minas Ramón Pellico, quien al describir el distrito minero de Sierra Almagrera y Murcia escribe (Pellico, 1852):

Por la parte del Este y Norte las montañas son mucho menos altas y comprenden entre sus faldas llanuras de mayor extensión. La sierra mas elevada entre ellas es la nombrada de Espuñas, cuya altura es de unos 3.000 pies sobre el nivel del mar. Se halla situada entre las poblaciones de Pliego, Alhama, Totana y Lorca, y se enlaza al Oeste con las nombradas de Tercia, del Caño y del Almagro, y al Este con las sierras de Pliego, Mula, Ricote y Abanilla, que formando una especie de cordillera interrumpida, que penetra en la provincia de Alicante, y recibiendo los diferentes nombres de las poblaciones por donde pasa, termina junto al puerto de Altea. En la sierra de Espuñas y en la del Caño o de Murviedro, el terreno siluriano superior, aunque de una potencia que no baja de 1000 pies, se compone solo de caliza compacta, ya en capas muy gruesas, que es lo mas general, ya de estructura pizarrosa hacia su parte inferior. Tambien son comunes en ellas las calizas dolomíticas, y entre sus capas es donde principalmente se encuentra la galena en capas irregulares. La inclinación general de los estratos es de 30º al N.; pero en algunos puntos llega hasta 65º. Descansa este terreno sobre las pizarras talcosas del siluriano inferior, que se descubre en bastante estension sobre la falda meridional de las citadas sierras.

En mayo de 1855 los franceses Verneuil y Collomb inician el estudio geológico del sureste de España, publicándose los resultados al año siguiente en el Boletín de la Sociedad Geológica de Francia. Poco después aparece en París una geología del sureste de España en la que se incluye un “Resumen de una excursión en Murcia”, extraído del trabajo presentado en el boletín francés. En esa nota los científicos franceses visitan, entre otros muchos sitios, Sierra Espuña (Verneuil y Collomb, 1856):

Ya en Alhama, tenemos la intención de llevar a cabo la ascensión a una interesante montaña, la Sierra de Espuña, vista por nosotros desde la distancia justo cuando llegamos a Murcia. A través de la Rambla del Molino pasamos por unos conglomerados y areniscas terciarias horizontales con Ostrea crassissima antes de pasar a una serie de areniscas rojas y grises, más duras, y a una serie de calizas metamórficas con yeso, pertenecientes probablemente al triás. Continuando con la subida por el Sur las calizas con nummulites comienzan a aparecer, siendo reemplazadas por calizas compactas en las que hemos encontrado un gran ammonites jurásico (A. plicatilis); estas desaparecen en la subida para volver a encontrar las calizas nummulíticas justo en la cima de la montaña. El Cortijo de la Nieve, un congelador artificial

situado al pie del pico en su flanco norte, está sobre las calizas nummulíticas. Desde la cima de Espuña se ve perfectamente el Mediterráneo en dirección Sur y Sureste, sobre la cadena montañosa de Almazarrón y Cartagena. Desde el flanco este, la vista se extiende por las montañas de Alicante, la Sierra de Crevillente y de Fontcaliente. Siguiendo el horizonte pueden reconocerse, tras los picos de la Pila y del Carche, hacia el Noreste, la Sierra de Meca cerca de Almansa, a 120 km en línea recta; al Norte, el Morchon de Cieza; más al Oeste, las montañas de Alcaraz y de la Segura; al Oeste, un poco al Norte, la Sierra de la Sagra, que sobresale de todos los macizos circundantes, y que a día de hoy, 10 de mayo de 1855, se encuentra cubierta de algunas placas de nieve. Por fin, al Oeste, un poco al Sur, descubrimos un gran macizo que ofrece el aspecto de la cadena del Mont Blanc, vista desde Lyon: es la Sierra Nevada, completamente blanca de nieve; su distancia en línea recta es de aproximadamente 150 km; a pesar de la distancia, el aire es tan puro y su altura tan elevada, de 3500 a 3600 metros, que es posible apreciar muy bien su forma. La altura de la Sierra Espuña nos da una media de 1581 metros.

Pasamos la noche al pie de la Sierra en el Cortijo de Malvariche (se llaman así a las explotaciones o casas de agricultores), a 850 metros sobre el nivel del mar. Las calizas arenosas poco consistentes que afloran en los alrededores del cortijo presentan abundantes nummulites, grandes y pequeños (*N. perforata*, *N. granulosa*). También hemos encontrado muchos erizos en buen estado de conservación, circunstancia rara en los fósiles de este país (*Echinolampas ellipsoidalis*, d'Arch., *Schizaster Newboldi*, id.) y por fin la *Pholadomya Puschii*, Goldf.

Habrà que esperar ya al primer tercio del siglo XX a que autores como Paul Fallot y, posteriormente, Jacques Paquet en los años 60, inicien el estudio geológico moderno de Sierra Espuña. En los últimos años destaca la tesis doctoral realizada por el profesor Manuel Martín Martín titulada “El Terciario del Dominio Maláguide en Sierra Espuña (Cordillera Bética oriental, SE de España). Estratigrafía y Evolución Paleogeográfica” (Martín-Martín, 1996).

Conclusión

Por la extensión y calidad de sus afloramientos mesozoicos y terciarios, la abundancia de fósiles y la cantidad de trabajos realizados en los últimos años, Sierra Espuña constituye una región de referencia para el estudio de la Cordillera Bética. Asimismo, posee numerosos lugares de

interés para la observación e interpretación de la geología, un importante potencial didáctico que permite enseñar tanto fenómenos actuales como procesos geológicos que tuvieron lugar hace más de 200 millones de años. Para profundizar más en la geología del Parque se recomienda la lectura de la “Guía Geológica del Parque Regional de Sierra Espuña” (Martín-Martín *et al.*, 2010).

Bibliografía

BAEZA-CARRATALÁ, J.F., GARCÍA, F. & TENT-MANCLÚS, J.E. (2011). Biostratigraphy and paleobiogeographic affinities of the Jurassic brachiopod assemblages from Sierra Espuña (Maláguide Complex, Internal Betic Zones, Spain). *Journal of Iberian Geology* 37 (2), 137-151.

CARACUEL, J., SANDOVAL, J., MARTÍN-MARTIN, M., ESTÉVEZ-RUBIO, A. & MARTÍN-ROJAS, I. (2006). Jurassic biostratigraphy and paleoenvironmental evolution of the Maláguide complex from Sierra Espuña (Internal Betic Zone, SE Spain). *Geobios* 39, 25-42.

MARTÍN-MARTIN, M. (1996). *El Terciario del Dominio Maláguide en Sierra Espuña (Cordillera Bética oriental, SE de España). Estratigrafía y Evolución Paleogeográfica*. Tesis Doctoral. Universidad de Granada.

MARTÍN-MARTIN, M. & MARTÍN-ALGARRA, A. (2004). Cenozoico del Complejo Maláguide. In *Geología de España* (ed. J.A. Vera), pp. 405-409. Sociedad Geológica de España-Instituto Geológico y Minero de España.

MARTÍN-MARTIN, M., MANCHEÑO, M.A. & ROMERO, G. (2006). *La Ruta del Jurásico. Itinerario geológico guiado por el Parque Regional de Sierra Espuña. Manual para su interpretación. Dirección General del Medio Natural*. Consejería de Industria y Medio Ambiente de Murcia.

MARTÍN-MARTIN, M., ROMERO, G. & MANCHEÑO, M.A. (2010). *La Guía Geológica del Parque Regional de Sierra Espuña (Murcia). Dirección General de Patrimonio Natural y Biodiversidad. Consejería de Agricultura y Agua de Murcia*.

PELLICO, R. (1852). Extracto de una Memoria geológica sobre el distrito minero de Sierra Almagrera y Murcia. *Revista Minera* 3, 7-15, 97-103, 419-426 y 737-744.

SANZ DE GALDEANO, C., GALINDO-ZALDÍVAR, J., ALFARO, P. & RUANO, A. (2007). El relieve de la Cordillera Bética. *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra* 15 (2), 185-195.

VERNEUIL, E. & COLLOMB, E. (1856): Note sur l'Espagne: observations géologiques et barométriques faites en Espagne en 1855. *Bulletin de la Société Géologique de France* 20 (13), 674-728.

MINERÍA EN SIERRA ESPUÑA: CARBÓN Y FOSFATO

Gregorio Romero Sánchez

La singular historia geológica de Sierra Espuña permite también explicar la formación de minerales que el hombre ha sabido aprovechar como materia prima para solucionar cuestiones básicas para su vida. A mediados del siglo XIX se descubre en el paraje de la Almoloya de Campíx un yacimiento de carbonato y sulfuro de plomo en plena superficie de considerable riqueza metalífera y espesor inicial de 1 metro. El filón, explotado como mina “San Andrés”, rápidamente se agotó. También de efímera existencia fueron las explotaciones de hierro que se iniciaron en la vertiente sur de la sierra, incluso en sitios tan complicados de acceder como la cumbre del Morrón de Alhama en cuyas faldas todavía se distinguen las terreras con los típicos tonos rojizos del mineral. Señalar también la cantera que encontramos en el Collado del Pilón de yesos triásicos, material imprescindible para la construcción.

Más interesante fue el hallazgo fortuito en 1917 de lignitos en el Barranco de la Hoz. Estos niveles aparecen intercalados en las margas y margocalizas del Eoceno. El lignito es un carbón fósil que constituye un combustible de calidad media. Su descubrimiento revela la existencia de marismas en Sierra Espuña hace aproximadamente 50 millones de años, ambientes en los que la vegetación al morir quedaba sepultada por sedimentos que con el paso del tiempo se convirtieron en carbón. Se conocieron como Minas del As y su explotación corrió a cargo de la sociedad Nueva Industria, con domicilio en Cartagena. Los principales consumidores de este carbón fueron la fábrica de gas de Cartagena, la Compañía Metalúrgica de Mazarrón y algunas empresas ferroviarias. Terminada la Primera Guerra Mundial, la imposibilidad de mantener los beneficios por el elevado coste del transporte obligó al cese completo de los trabajos. En conjunto se extrajeron 650 toneladas. En el año 1940 la escasez de combustibles y su alto precio motivaron la intensificación de la búsqueda de carbón en Sierra Espuña, llegando a trabajar en esa época 47 obreros.

Sin embargo, la actividad nunca adquirió mucha relevancia debido a la mediana calidad del producto y al problema del transporte del mineral, efectuado en gran parte mediante caballerías. A las penosas condiciones de trabajo de los mineros se sumó la aparición de grandes fracturas en algunas galerías subterráneas y su posterior hundimiento. Todo ello provocó el cese de los trabajos en marzo de 1944. A finales de los años 50 se reanudaron por última vez hasta 1966, año en el que se abandonan definitivamente las labores debido en gran medida a la llegada del fuel-oil.

Los estudios geológicos realizados por el ingeniero de minas José de Gorostíza con el fin de caracterizar los lignitos dieron como resultado el descubrimiento de un yacimiento de fosfatos en el año 1921. El hallazgo en un principio despertó mucho interés debido a que el ácido fosfórico es un componente fundamental en la elaboración de fertilizantes para su uso en agricultura. Los niveles de arcillas verdes ricas en fosfatos se localizan en unas calizas margosas del Cretácico Inferior que afloran 200 metros al sur de Prado Mayor. No llegó a ser objeto de explotación y las pequeñas rozas a cielo abierto que aún hoy pueden verse son labores de exploración realizadas en aquellas fechas. Sondeos practicados posteriormente confirmaron la baja ley del yacimiento. Una vez más, la escasa riqueza del fosfato para ser empleado como abono y la complicada ubicación dieron al traste con la idea de su explotación y aprovechamiento. Sin duda, se trata de un lugar de elevado interés geológico por la rareza en la Península Ibérica de este tipo de mineral de origen sedimentario. Como curiosidad añadir que en la actualidad no existe producción nacional de fosfato, siendo geólogos españoles los que descubrieron en 1947 los inmensos yacimientos de Bucraa situados unos 100 kilómetros al sureste de El Aaiún (Marruecos).



AFLORAMIENTO DE LAS CALIZAS MARGOSAS Y ARENISCAS CON FOSFATOS DEL CRETÁCICO QUE PODEMOS VER HOY EN LOS ALREDEDORES DE PRADO MAYOR. MAM.



MAPA GEOLÓGICO DE LAS ZONAS DE CARBÓN Y FOSFATO DE SIERRA ESPUÑA PUBLICADO POR EL INGENIERO DE MINAS JOSÉ DE GOROSTÍZAGA Y LÓPEZ EN EL BOLETÍN DEL INSTITUTO GEOLÓGICO Y MINERO DE ESPAÑA DEL AÑO 1929.

LENTEJAS POR EL SUELO

Gregorio Romero Sánchez

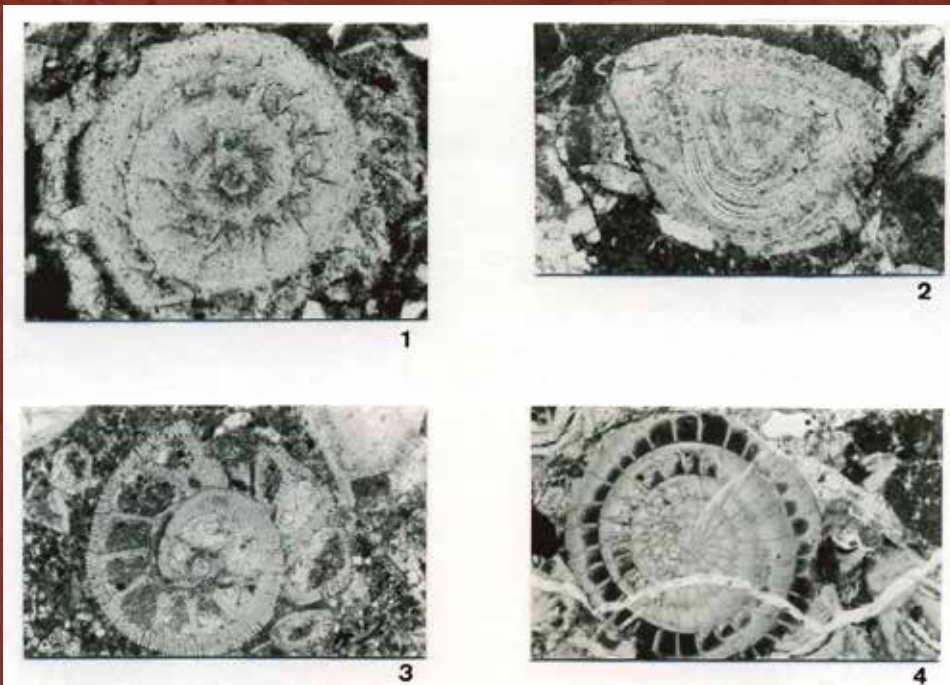
Como ya hemos visto, la mayoría de los terrenos de Sierra Espuña estuvieron durante muchos millones de años bajo el mar formando parte de medios marinos poco profundos y próximos a la costa. Este hecho se ve confirmado por la gran cantidad de fósiles que encontramos en las rocas del Parque. Sin duda, los más conocidos por los visitantes son los grandes foraminíferos terciarios cuyas formas y abundancia en superficie llaman mucho la atención. Sin embargo, los estudios realizados en los últimos años revelan que las calizas más antiguas que afloran en zonas jurásicas como Prado Mayor, Morrón Chico, Tres Carrascas, Malvariche o Perona también contienen fósiles de gran interés. Es el caso de los ammonites, cefalópodos marinos de concha externa, generalmente espiral, que les protegía de amenazas externas y actuaba como una especie de cápsula de presión con la que ascendían y descendían en el agua. Evolucionaron en el tiempo muy rápidamente, dando como resultado una ingente cantidad de especies que desarrollaron conchas con formas y patrones de ornamentación muy diferentes. Son por ello fósiles excelentes para datar y muy útiles también como indicadores paleogeográficos y paleoambientales. Otro grupo interesante de invertebrados jurásicos que aparecen en estos yacimientos es el de los branquiópodos, de concha formada por dos valvas de distinto tamaño, forma y ornamentación. Viven en los fondos marinos fijados al sustrato por un ligamento llamado pedúnculo.

Es ya en el Terciario de Prado Mayor o Malvariche donde se localizan calizas con miles de fósiles de *Nummulites* y *Alveolinas*, los auténticos dominadores de los mares

someros del Eoceno. Estos foraminíferos son organismos unicelulares protegidos por una concha calcárea con pequeños poros por donde salen unas prolongaciones llamadas pseudópodos que utilizan para su alimentación. Esta concha es la que encontramos fosilizada en las rocas. Pueden ser de dos tipos: planctónicos (viven flotando en el agua) o bentónicos (viven en el fondo marino o encima de algas). Si los observamos con detalle, a ojo, o mejor con una lupa, podremos distinguir los *Nummulites* de las *Alveolinas*. Los primeros tienen forma de lenteja mientras que las segundas se asemejan a un balón de rugby. Los tamaños van desde 3-4 milímetros a varios centímetros los más grandes. En sección ecuatorial los *Nummulites* presentan forma de espiral y se pueden distinguir las cámaras. A veces podemos encontrar grandes cantidades de estos pequeños fósiles sueltos por el suelo. Esto se debe a que la erosión de la roca, en un clima árido como el nuestro, los ha “soltado”, esparciéndolos y cubriendo grandes extensiones de terreno. Por su abundancia en el registro fósil a lo largo del tiempo, evolución, complejidad y tamaño los convierte en una herramienta privilegiada para estudiar el presente y pasado de la Tierra. Como curiosidad decir que las grandes pirámides de Egipto, por ejemplo, están construidas con rocas que contienen millones de *Nummulites*. De hecho, hace más de 2.000 años, los romanos ya conocieron estos foraminíferos y los consideraron, dada su forma, las lentejas petrificadas que habían servido de sustento a los esclavos que las levantaron.



FÓSILES DE ALVEOLINAS Y NUMMULITES EN LAS CALIZAS DEL EOCENO DE PRADO MAYOR. GRS.



SECCIONES DE *NUMMULITES* EN LÁMINA DELGADA DE PRADO MAYOR FOTOGRAFIADOS AL MICROSCOPIO CON 20 AUMENTOS.

AGUA, HIDROLOGÍA Y RAMBLAS

Gonzalo González Barberá

El ciclo del agua es uno de los procesos fundamentales en los ecosistemas terrestres. La ciencia que lo estudia se denomina hidrología. En hidrología existe una estrecha relación entre clima, geología, geomorfología (las formas del relieve) y ecología. El agua precipitada en la lluvia puede infiltrar en el suelo y ser evaporada directamente desde él o ser transpirada por las plantas como parte esencial en el intercambio gaseoso que se produce durante la fotosíntesis. Las hojas están perforadas por pequeños poros llamados estomas. A través de ellos las plantas captan dióxido de carbono (CO_2) de la atmósfera pero pierden agua. La fotosíntesis es imposible sin la pérdida de agua.

Parte del agua infiltrada en el suelo puede seguir descendiendo en profundidad y recargar los acuíferos, si es que el material geológico subyacente es permeable, dando lugar a fuentes y surgencias en lugares que pueden estar relativamente distantes. Por otro lado, especialmente cuando la precipitación es intensa y la vegetación escasa y el suelo ha sido erosionado la lluvia produce directamente escorrentía, es decir agua que no infiltra en el suelo y escurre sobre su superficie, pudiendo llegar a la red de drenaje y produciendo avenidas.

El agua infiltrada en el suelo controla en gran parte el crecimiento de la vegetación y a su vez la densidad y distribución de la vegetación regulan de manera importante como el agua fluye a través del paisaje. Un proceso clave es la aportación de materia orgánica al suelo por parte de la vegetación. La materia orgánica se incorpora al suelo y aumenta su porosidad lo que incrementa la infiltración del agua de lluvia. Se crea, por tanto, un ciclo de retroalimentación positivo en el que el incremento de la vegetación redundará en una mejora de las condiciones del suelo para la infiltración del agua de lluvia, lo que a su vez incrementa el crecimiento de la vegetación.

La historia de Sierra Espuña está profundamente ligada a la hidrología. En efecto, la motivación que convierte a Espuña en un lugar señero en España en cuanto a restauración ecológica tiene precisamente que ver con el control del ciclo hidrológico. La deforestación masiva de la sierra provocó una desregulación de los ciclos hidrológicos facilitando la generación de esco-

rrentía (el agua de lluvia que no llega a infiltrar en el suelo y circula por la superficie hasta la red de drenaje de barrancos, ramblas y ríos) y los procesos erosivos.

La restauración de Espuña marca una pauta en los procesos de restauración ecológica pues es una restauración hidrológico-forestal (Martínez-García *et al.*, 1996). Es decir, se actúa simultáneamente sobre la vegetación mediante la plantación de distintas especies y sobre la red de drenaje. Todo con el objetivo de disminuir las escorrentías y el número, intensidad y capacidad de generar daño de las avenidas. La restauración hidrológico-forestal será el proyecto tipo de gran parte de las actuaciones forestales de restauración llevadas a cabo en España durante el siglo XX.

Desgraciada y sorprendentemente la investigación hidrológica en Espuña es prácticamente inexistente. Se dispone de una información relativamente abundante sobre el aprovechamiento histórico de las aguas y de las estructuras construidas a este fin (que se documenta dentro del Capítulo 4 sobre el patrimonio cultural), alguna información sobre hidro-geología, es decir de la parte del ciclo hidrológico que se desarrolla en el subsuelo, que se relaciona con los acuíferos, pero prácticamente ninguna información actualizada y cuantitativa sobre hidrología superficial. Esta ausencia de información, más allá de la puramente descriptiva resulta un hándicap en la descripción de los procesos hidrológicos que supliremos utilizando estudios realizados recientemente en condiciones similares en el entorno del Sureste Ibérico.

Los aspectos importantes a tener en cuenta en una descripción hidrológica de Sierra Espuña son: manantiales y surgencias; red de drenaje; efectos de la restauración hidrológico-forestal en el funcionamiento hidrológico del paisaje.

Manantiales y surgencias

Sierra Espuña es relativamente húmeda en medio de un medio semiárido. En las zonas más altas de la sierra la pluviometría supera los 500 mm anuales mientras que



ARROYO DE MALVARICHE. MAG.

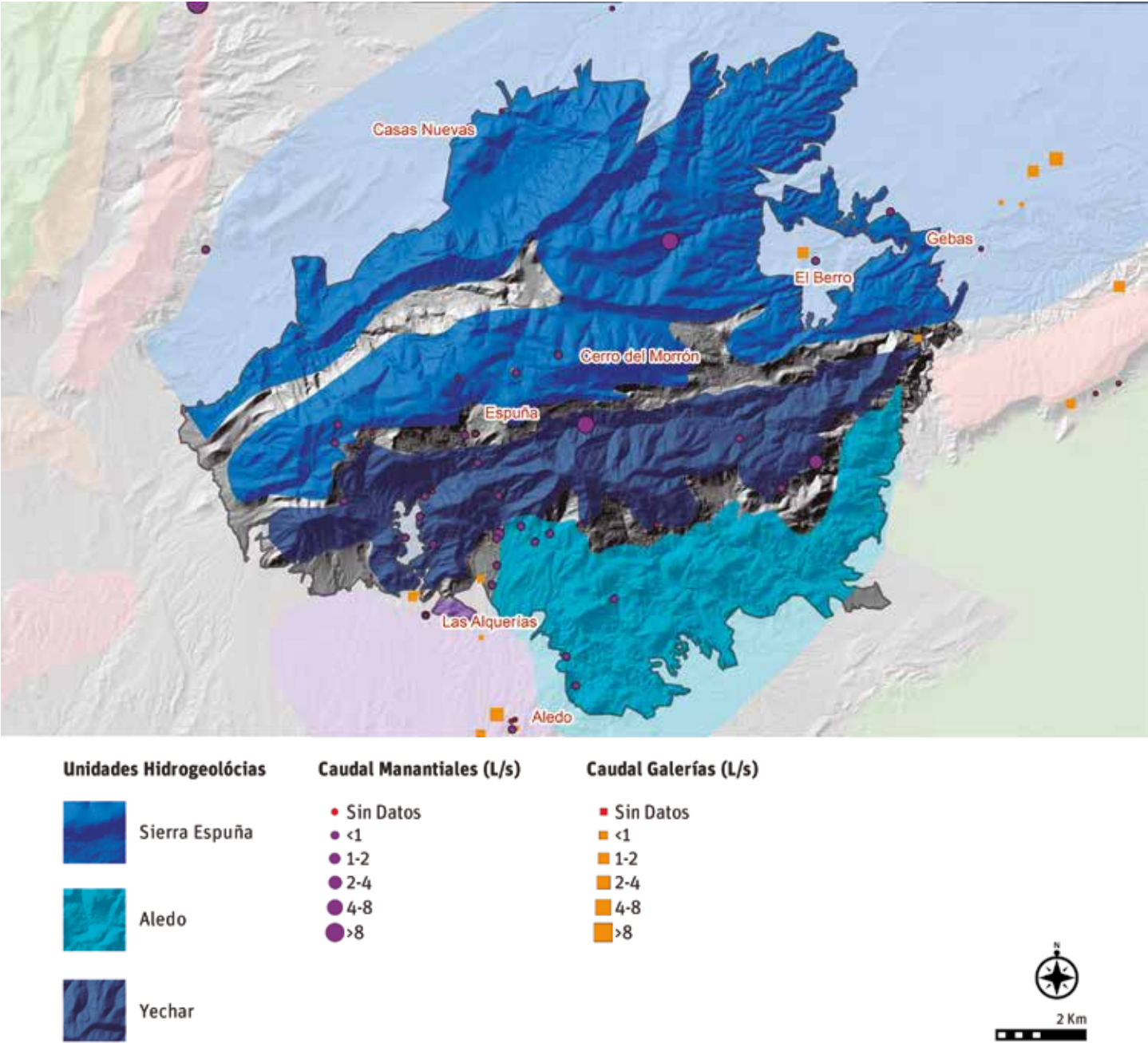


FIGURA 1. DISTRIBUCIÓN DE MANANTIALES Y GALERÍAS DE AGUA EN EL ENTORNO DE SIERRA ESPUÑA. FUENTE: IGME, BASE DE DATOS DE PUNTOS DE AGUA Y ELABORACIÓN PROPIA.

en los valles que la rodean no se alcanzan los 300 mm. De esta manera, el número de manantiales y puntos de agua en la Sierra es mayor que en su entorno pero nunca se trata de manantiales de gran entidad.

De la dualidad entre una isla relativamente húmeda y un entorno mucho más seco surge la necesidad del aprovechamiento exhaustivo de los recursos hídricos en un patrón que es muy típico del sureste semiárido ibérico.

Los escasos recursos hídricos se canalizan desde los manantiales mediante infraestructuras que se revisan en el capítulo 4 sobre el patrimonio cultural.

Los manantiales (Figura 1) están asociados a distintos acuíferos, es decir capas de materiales geológicos permeables que pueden acumular agua. Espuña es una estructura geológicamente compleja y en su entorno se encuentran cinco acuíferos: Sierra Espuña; Acuífero Base

Tabla 1. DESCARGA DE LOS MANANTIALES Y GALERÍAS EN ESPUÑA		
DESCARGA	FRECUENCIA ABSOLUTA	% DEL TOTAL (DE LOS DE DESCARGA CONOCIDA)
Desconocida	12	
>8 litros por segundo	1	3,1%
2-4 litros por segundo	1	3,1%
1-2 litros por segundo	3	9,4%
< 1 litro por segundo	26	81,2 %
Fuente: http://info.igme.es/BDAguas		

de la Depresión del Mula; Santa –Yéchar; Mioceno de Aledo y Triásico Maláguide de Sierra Espuña . Los datos de la Figura 1 son meramente orientativos. Están basados en la base de datos de puntos de agua (<http://info.igme.es/BDAguas/>) del Instituto Geológico y Minero de España (IGME). Esta fuente de información es la más completa que existe en España sobre manantiales pero los datos de caudales son, en general, muy escasos y, por tanto los mostrados en la Figura 1 deben ser tomados con mucha prudencia ya que la variabilidad temporal de los caudales es muy alta y los datos demasiado fragmentarios. En la Tabla 1 se resumen los caudales aportados por cada manatíal o galería. Dentro del parque se han registrado 44 manantiales, pero sólo de 32 existen datos de caudal. Ventiseis de ellos (>80%) tienen una descarga inferior o muy inferior a 1 litro por segundo (aproximadamente 31.000 m³ al año).

Las fuentes más conocidas dentro de la sierra son Fuente de la Carrasca, Fuente del Sol, Fuente del Hilo, Fuente Rubeos, Fuente Cequicas, Fuente Bermeja, Fuente Blanca, Fuente del Piojo, Fuente de Perona, Fuente de Valdelaparra y Fuente de Prado Chico (Figura 2). Sin embargo, existen muy pocos datos cuantitativos sobre su descarga. Así por ejemplo la Confederación Hidrográfica del Segura (CHS) mantiene una red de medida de manantiales en la cuenca y sin embargo ninguno de los manantiales sometidos a seguimiento se encuentra propiamente dentro de la sierra (Confederación Hidrográfica del Segura, 2013) por ‘su escaso caudal’. Esto nos da una idea de la dificultad de documentar la hidrología de Espuña.



RÍO PLIEGO CERCA DE CASAS NUEVAS. CARA NORTE DE SIERRA ESPUÑA. MAG.

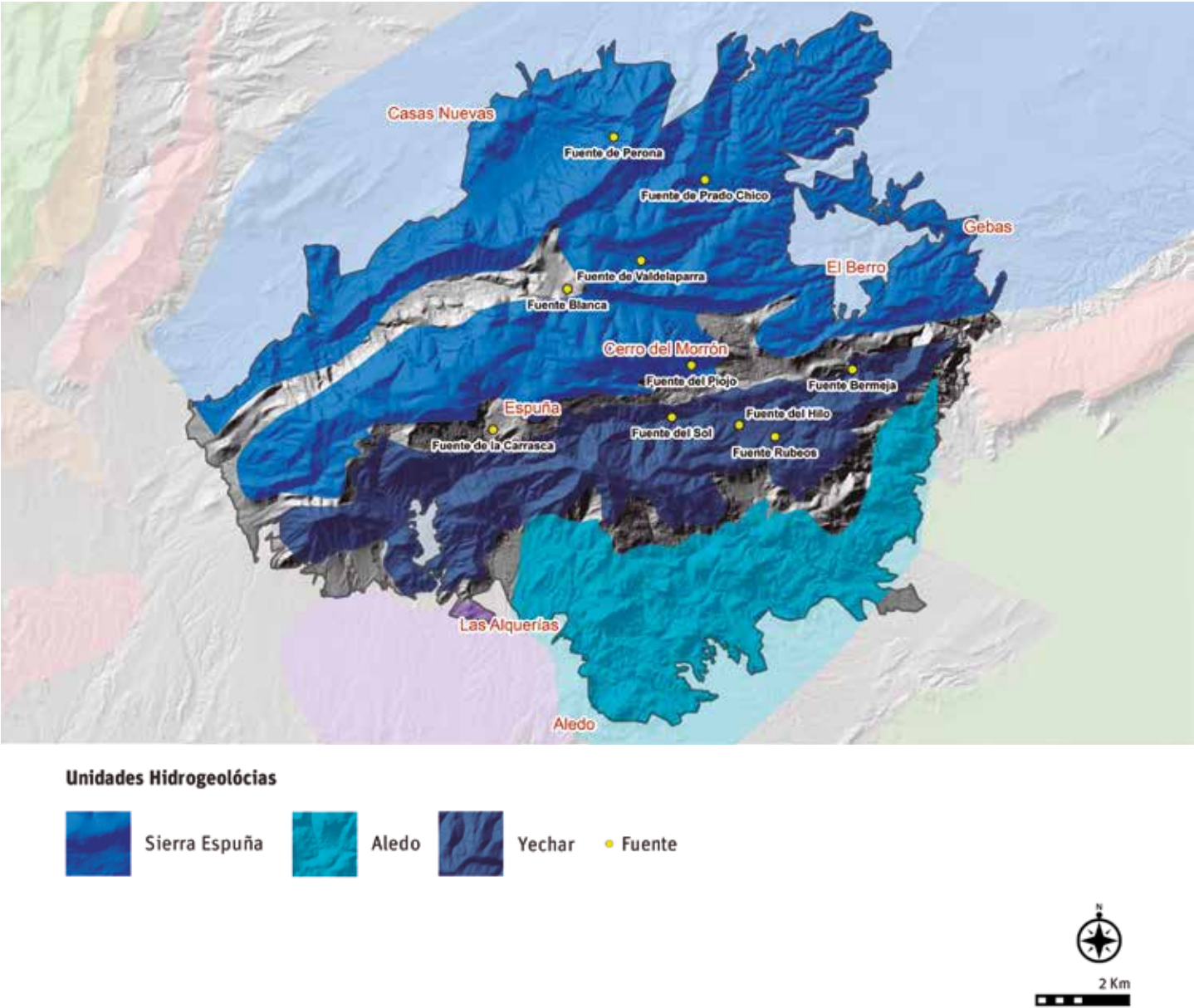


FIGURA 2. LOCALIZACIÓN DE LOS MANANTIALES MÁS CONOCIDOS DE ESPUÑA. FUENTE: CARTOGRAFÍA 1:25000 DEL IGN Y ELABORACIÓN PROPIA

En los acuíferos de Espuña y Santa-Yéchar y en las partes bajas de la sierra se encontraban manantiales de mayor entidad que serían dignos de seguimiento y sin embargo están secos en la actualidad. Entre ellos contamos los manantiales de Las Anguilas, Bárbol y El Berro en el acuífero Espuña y los Baños Termales de Alhama en el de Santa-Yéchar. La causa de su desaparición es la sobreexplotación de los acuíferos. Las formaciones geológicas que conforman los acuíferos de Sierra Espuña se extienden más allá de la sierra. Por ejemplo, el acuífero denominado Espuña se extiende hasta los Baños de Mula. De tal forma el agua recargada en la sierra (una isla de

humedad) contribuía a la aparición de manantiales con caudal relativamente abundante en las partes bajas. Manantiales que no sólo han desaparecido por la sobreexplotación del acuífero sino que se consideran definitivamente perdidos ya que su recuperación implicaría planes de recuperación inabordables.

Por tanto, el aspecto más importante del aprovechamiento intensivo de los recursos hídricos de la sierra es la *desnaturalización* y *desaparición* de los puntos de agua. El transporte de agua a las poblaciones o zonas de riego (p.ej. Caño de Espuña) supone desviar el agua desde las fuentes a

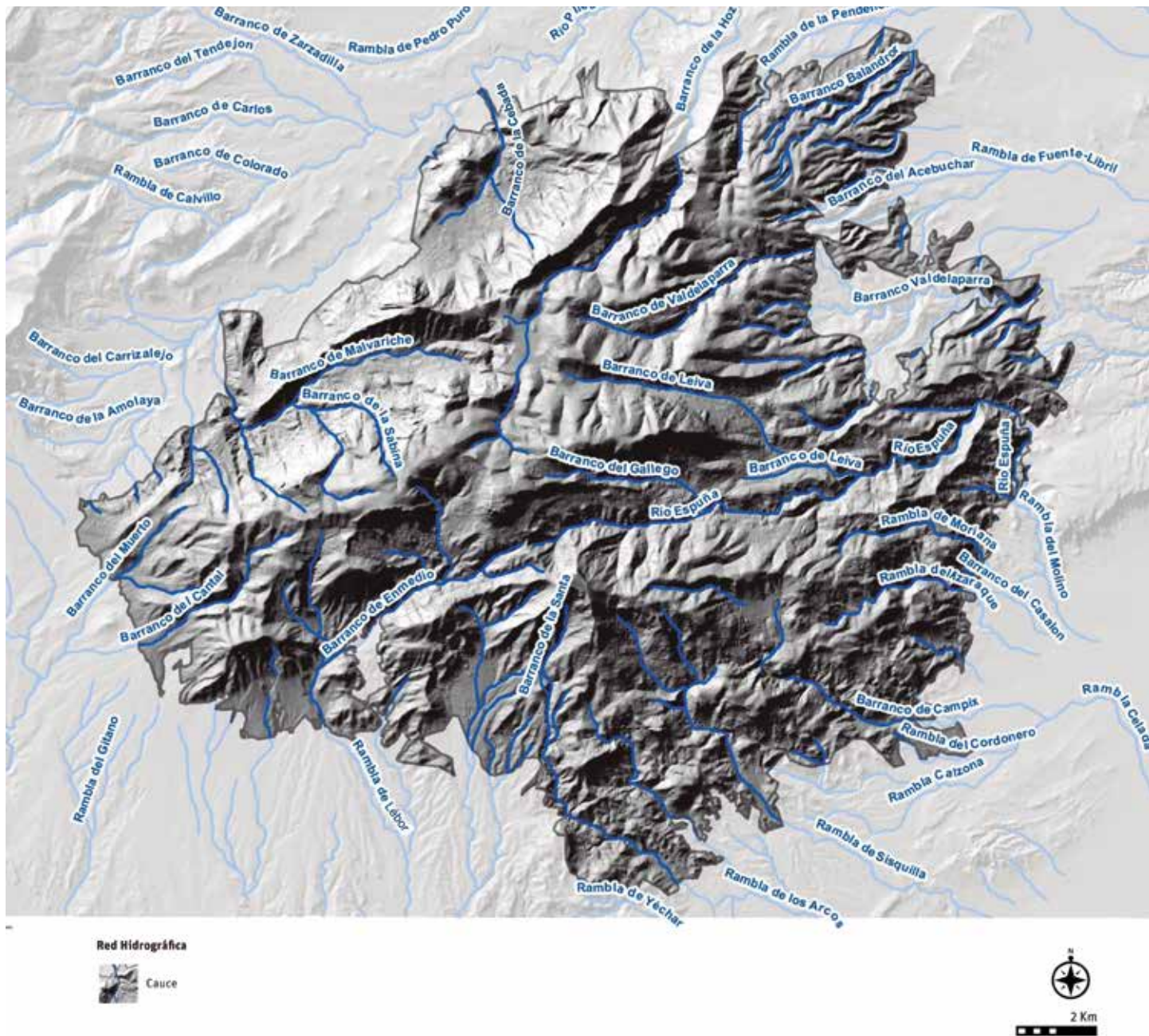


FIGURA 3. RED DE DRENAJE DE ESPUÑA.

unas estructuras artificiales de transporte y retirarla de la red de drenaje. Debido a los escasos caudales y su fluctuación temporal es de suponer que el recorrido del agua en los cursos sería intermitente y discontinuo, y salvo para el río Espuña, no llegaría al punto de salida del cauce. Pero el detrimento de los caudales necesariamente exagera esas tendencias y convierte un cauce intermitente y espacialmente discontinuo en cauce seco de manera casi permanente. El impacto de este proceso sobre las comunidades animales y vegetales es desconocido pero sin duda fue importante.

Red de drenaje

La red de drenaje de Sierra Espuña (Figura 3) se inserta completamente dentro de la cuenca del Segura dividiendo sus aportaciones a dos subcuencas: la del Río Mula al norte y la del Río Guadalentín al Sur.

El principal eje de esta red de drenaje es el Río Espuña que discurre de oeste a este entre las cumbres más elevadas de la sierra y las inmediaciones de Alhama de Murcia. Sus

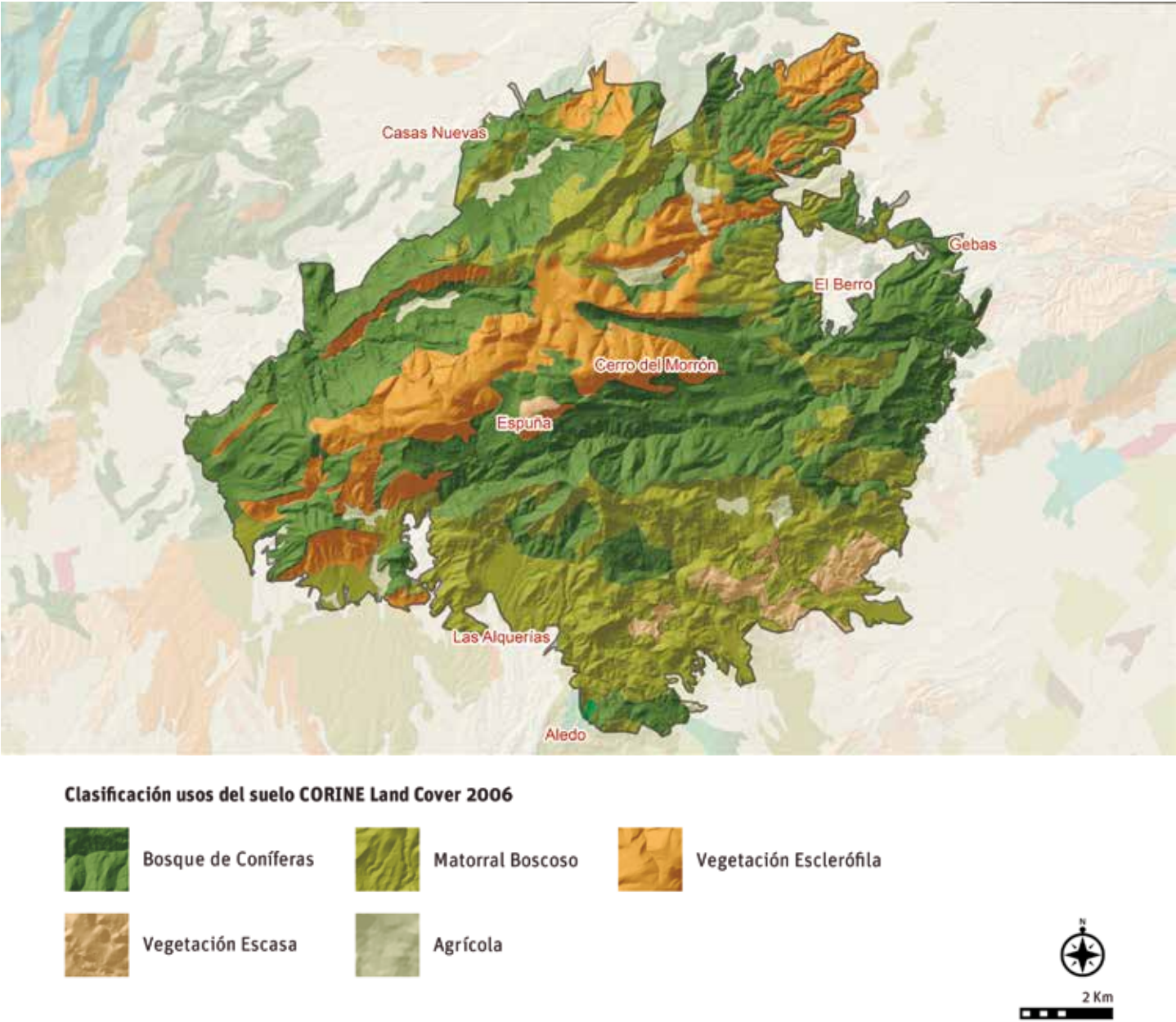


FIGURA 4. TIPOS ESTRUCTURALES DE VEGETACIÓN EN ESPUÑA. FUENTE CORINE.

principales afluentes son los Barrancos de Gallego y Leiva, ambos por la margen izquierda. Es notable el nombre de ‘río’ en una región dónde los cauces permanentes son la excepción y no la norma. El río Espuña gozaba de un caudal permanente que alimentaba una parte de la huerta de Alhama de Murcia. Durante las obras de restauración hidrológico-forestal se construyó una pequeña estación de aforos (una instalación que permite calcular el caudal circulante por un cauce) en el río, pero los registros que

podieran llevarse a cabo en la misma no están actualmente localizados. Serían necesarios estudios en profundidad para determinar cuáles son las razones por las cuáles el río Espuña perdió su carácter de cauce permanente, pero en la actualidad se acumulan las evidencias en muchos lugares que los procesos de restauración forestal pueden llevar acarreada la desaparición de cauces permanentes contra lo que es intuitivo. Los efectos de las repoblaciones sobre el ciclo hidrológico se discuten en el siguiente epígrafe.



CAÑO DEL BÁRBOL MUY CERCA DE SU ALUMBRAMIENTO. MAG.

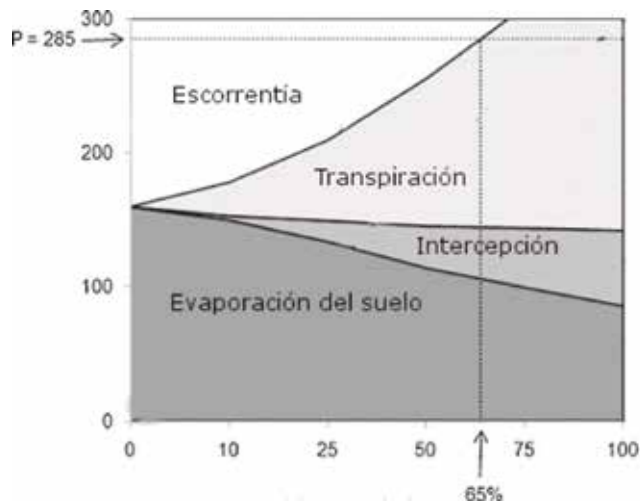


FIGURA 6. CONFORME SE DESARROLLA EL BOSQUE DE PINO CARRASCO SE REDUCE LA ESCORRENTÍA Y AL EVAPORACIÓN DE AGUA DEL SUELO Y AUMENTA LA INTERCEPTACIÓN Y SOBRE TODO LA TRANSPIRACIÓN DE AGUA POR LA PLANTA. CON UNA COBERTURA DEL 65% UNA PRECIPITACIÓN COMO LA QUE SE DA EN LAS PARTES BAJAS DE ESPAÑA NO GENERA ESCORRENTÍA. ADAPTADO DE RAZ-YASEEF *ET AL.* (2010).

Del resto de la red de drenaje cabe destacar el Barranco de la Hoz que discurre desde Prado Mayor en dirección SW-NE hasta desembocar en la rambla de Malvariche, el cauce que delimita Sierra Espuña por el norte y a su vez es afluente del Río Pliego. La rambla de Malvariche se origina también en las inmediaciones de Prado Mayor pero discurre inicialmente en dirección E-W entre los relieves de Espuña para girar después 180° en las inmediaciones de la Casa de la Rotura y la Umbría del Bosque y entrar en el valle del Río Pliego que separa Espuña de la Sierra del Cambrón al Norte.

El último gran sistema de drenaje que discurre en el interior de la sierra es el Barranco de Enmedio que se origina en las inmediaciones de Collado Bermejo, como Río Espuña, pero discurre en dirección NE-SW.

El resto de las ramblas y barrancos son de menor entidad (Figura 3).

El desarrollo del bosque y la hidrología local

Como se ha comentado anteriormente es sorprendente que ocupando Sierra Espuña un lugar pionero y emblemático en los proyectos de restauración hidrológico-forestal que después se han aplicado en gran parte de la España mediterránea no existen estudios científicos sistemáticos de los efectos a largo plazo de esta restauración en términos hidrológicos. En la Figura 4 se muestran los usos del suelo

actuales en España. La mayoría de la superficie está cubierta o por bosque o por un bosque abierto (matorral boscoso). A finales del siglo XIX estos usos ocupaban una mínima parte de la Sierra.

Las restauraciones hidrológico forestales se ejecutan mediante la construcción de diques en cauces, barrancos y cañadas que retienen los sedimentos transportados durante las avenidas y facilitan el establecimiento de la vegetación. Asimismo se procede a la plantación masiva de vegetación en las laderas que en su desarrollo reduce la cantidad y energía de la lluvia que llega a la superficie (y por tanto su capacidad erosiva), mejora el suelo facilitando la infiltración y disminuyendo la escorrentía y las avenidas y cortocircuita pequeños regueros de agua, que al no poder conectarse unos con otros no pueden generar avenidas permitiendo al agua discurrir de manera local.

En la Rambla de la Rogativa al NW de la Región de Murcia se ha estudiado el efecto de una restauración hidrológico forestal sobre la exportación de sedimentos (Boix-Fayos *et al.* 2007) proporcionándonos una indicación indirecta de cómo se pueden haber limitado las avenidas en España con el desarrollo de las reforestaciones. En este caso de estudio se estima que el desarrollo de la reforestación por sí sólo redujo la exportación de sedimentos de la cuenca en un 54% en 40 años (de los años 1950 a los 1990). Teniendo en cuenta que la situación de partida de Espuña a finales del siglo XIX era mucho más deforestada que la de Rogativa a mediados del siglo XX no es descabellado asumir que la exportación de sedimentos desde Espuña y el caudal de las avenidas asociadas ha descendido bastante más del 60%. En ese sentido la reforestación ha cumplido plenamente con su objetivo.

Otra asunción importante de los proyectos de restauración es que podrían aumentar los recursos hídricos. Las investigaciones más recientes demuestran que este resultado es controvertido. Al sustituir el suelo con poca vegetación por un bosque o un bosque abierto en el largo plazo se pueden mejorar las condiciones del suelo y reducir la proporción de agua que va directamente a escorrentía y aumenta la que infiltra. Sin embargo el agua que es infiltrada no necesariamente contribuye a recargar los acuíferos subterráneos sino que la vegetación forestal incrementa la proporción de agua que es transpirada. Esa agua transpirada contribuye al crecimiento del bosque pero al ser evaporada a la atmósfera se pierde como recurso hídrico disponible.



FUENTE CEQUICAS ES MANANTIAL, LAVADERO Y LUGAR DE ABASTECIMIENTO PARA LA HUERTA DE EL BERRO. MAG.

En Israel (Raz-Yaseef *et al.*, 2010) en bosques repoblados de pino carrasco (Figura 6) con una precipitación muy similar a la de las partes bajas de España se ha estimado que cuando la repoblación alcanza una cobertura del 65 % no queda disponible agua para la escorrentía (el efecto buscado con la restauración hidrológico forestal). Pero se produce un incremento importante de la interceptación (la cantidad de agua que queda retenida en el follaje de la planta sin llegar al suelo y que se evapora directamente a la atmósfera) y sobre todo un incremento muy importante del agua transpirada por las planta mientras que el agua evaporada directamente desde el suelo disminuye acusadamente, dos indicadores indirectos de que la recarga de los acuíferos puede verse reducida.

Una estimación explícita de los cambios en la recarga del acuífero debidos al desarrollo de una reforestación de pino carrasco se ha llevado a cabo en el Ventós (Alicante) con unas condiciones también muy parecidas a las partes bajas de España (Bellot y Chirino, 2013). En el Ventós se ha comparado

el efecto de un año húmedo (426 mm) con el de un año seco (230 mm). Estos valores son interesantes ya que nos permiten aproximar siquiera de manera grosera el efecto de una repoblación de pino carrasco en las partes altas de España, más lluviosas, con los efectos de la misma repoblación en un año moderadamente seco en las partes bajas de la sierra.

En la Figura 7 se muestra la descomposición del balance hídrico en sus componentes comparando tres tipos básicos de ecosistemas: repoblación, espantal y suelo desnudo.

La repoblación tanto en un año húmedo (parte alta de España) como en un año seco (parte baja de España) hace que la escorrentía superficial prácticamente desaparezca. Esto es muy consistente con el efecto de las repoblaciones en el control de avenidas.

Por el contrario, la interceptación de la lluvia, es decir aquella parte de la lluvia que queda retenida en las ramas y hojas de la



FUENTE DE LA CARRASCA. MAG.

vegetación y no llega al suelo tiene una importancia similar en un año seco en el espartal y en la repoblación, pero en un año húmedo la repoblación intercepta mucha más lluvia que es directamente evaporada a la atmósfera sin llegar a infiltrar en el suelo. Por supuesto en el suelo desnudo la interceptación es nula. La implantación de un bosque sobre un espartal o un terreno muy degradado, sobre todo en condiciones más húmedas hará que una parte de la precipitación no sea efectiva porque no alcanza el suelo.

El siguiente componente es la evapotranspiración. En este caso se suma tanto la transpiración de agua a través de las plantas que contribuye a su crecimiento como la evaporación del agua directamente desde el suelo. En condiciones secas la repoblación evapotranspira algo más que un espartal mientras que el suelo

desnudo pierde bastante más agua por evapotranspiración. En condiciones más húmedas el espartal incrementa su evapotranspiración pero la repoblación lo hace proporcionalmente más. Los árboles tienen mayor capacidad de utilizar el agua del suelo para transpirar en condiciones húmedas.

Finalmente, la recarga de acuíferos es siempre más baja en condiciones de repoblación que en espartal o en suelo desnudo. La mayor capacidad de una vegetación mas desarrollada de adquirir el agua del suelo y transpirarla redonda en una menor recarga de los acuíferos. Las diferencias son especialmente acusadas en condiciones húmedas. Un espartal es capaz de infiltrar hacia el acuífero 85 mm (litros por metro cuadrado) más que una repoblación) y el suelo desnudo 50 mm. La diferencia espartal-repoblación en condiciones húmedas escaladas a una

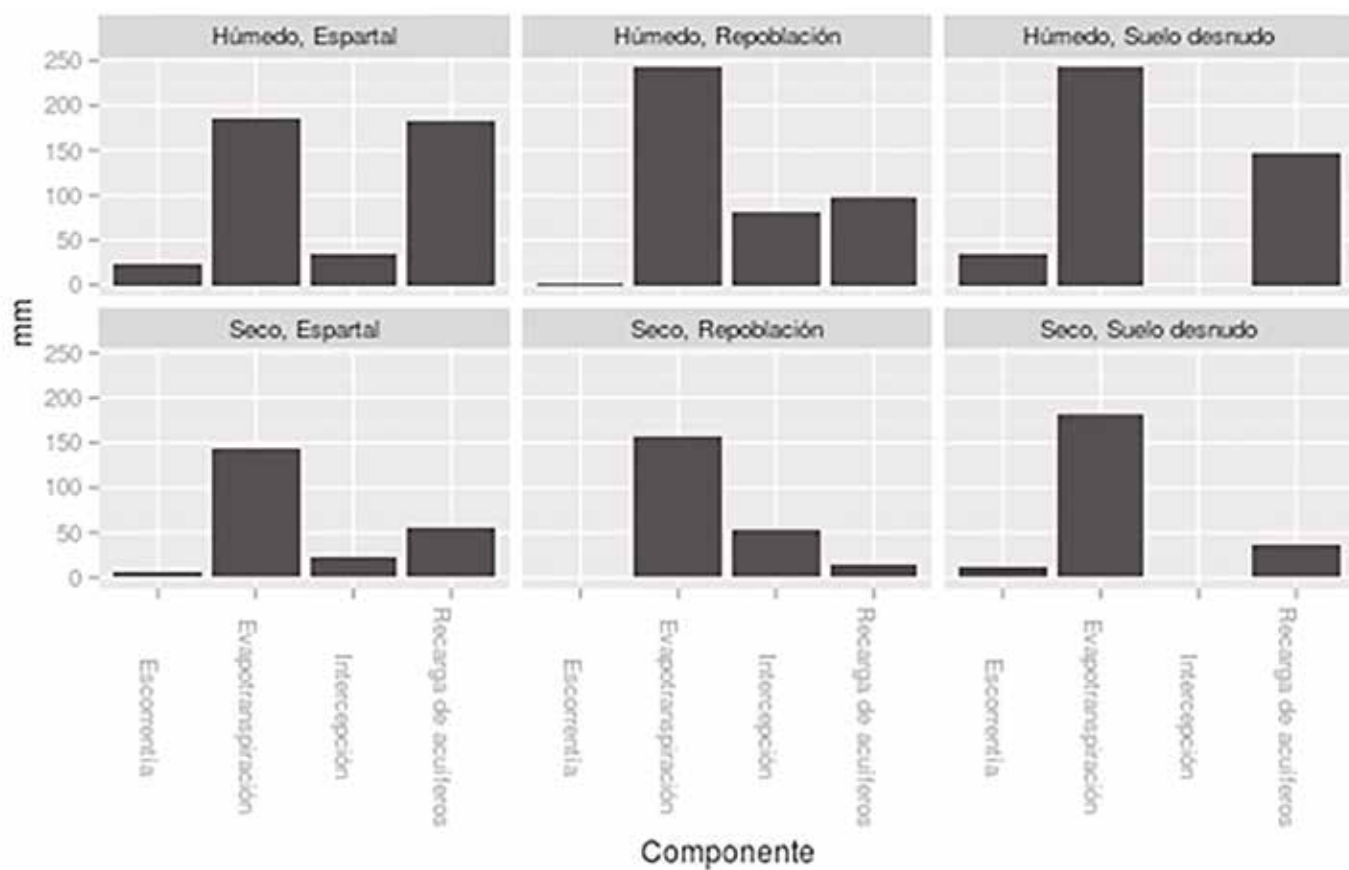


FIGURA 7. COMPONENTES DEL BALANCE HÍDRICO EN DISTINTOS TIPOS DE ECOSISTEMA EN UN AÑO HÚMEDO (426 MM, APROXIMADAMENTE PARTES ALTAS DE ESPAÑA) Y UN AÑO SECO (230 MM, APROXIMADAMENTE UN AÑO MODERADAMENTE SECO EN LAS PARTES BAJAS DE ESPAÑA). ELABORADO A PARTIR DE DATOS DE BELLÓT Y CHIRINO (2013).

superficie de 1 km² supondría unos 85.000 m³ menos de agua por año con destino al acuífero lo que equivale a un manantial con un caudal continuo de 2,7 litros por segundo.

El desarrollo de la repoblación de España es mayor que las utilizadas para el ejemplo, por tanto, los efectos hidrológicos descritos pueden haber sido incluso más importantes. Un rápido vistazo al mapa de tipos estructurales de vegetación de España (Figura 4) hoy día nos da una idea de las repercusiones hidrológicas del desarrollo de una masa boscosa tan extensa sobre un terreno completamente deforestado.

Bibliografía

Bellot, J., Chirino, E. (2013) Hydrobal: An eco-hydrological modelling approach for assessing water balances in different vegetation types in semi-arid areas *Ecological Modelling* **266**, 30-41.

Boix-Fayos, C., de Vente, J., Martínez-Mena, M., Barberá, G.G., Castillo V.M. (2007) The impact of land use change and check-dams on catchment sediment yield. *Hydrological Processes* **22**, 4922-4935.

Confederación Hidrográfica del Segura (2013) *Trabajos de medida de caudales en manantiales y niveles hidrométricos y piezométricos en humedales de la Cuenca del Segura. Memoria*. Informe inédito (URL: http://www.chsegura.es/export/descargas/cuenca/redesdecontrol/manantialesyhumedales/docsdescarga/ManantialesHumedales_201213_vp.pdf)

Martínez García, F.J., Martínez García, J.J., Masiá García, R., Cabanes Lledó, S. (1996) La restauración hidrológico-forestal de la Sierra de España. *Montes* **43**, 9-11.

Raz-Yaseef, N., Rotenberg, E., Yakir, D. (2010) Effects of spatial variations in soil evaporation caused by tree shading on water flux partitioning in a semi-arid pine forest *Agricultural and Forest Meteorology* **150**, 454-462.

RECONDES Project Team (2007) *Combating Land Degradation by Minimal Intervention: The Connectivity Reduction Approach* University of Portsmouth, Portsmouth. 20 pp.

AGUAS SUBTERRÁNEAS

Tomás Rodríguez Estrella

La Sierra Espuña constituye una unidad hidrogeológica de 300 km² de superficie, en la que se han distinguido los siguientes acuíferos: Morrón de Totana, Bosque, Yéchar, Aledo y Berro (Rodríguez Estrella, 1996). Entre los acuíferos de Morrón de Totana y Yéchar existe una estructura en escamas que da lugar a numerosos acuíferos de pequeña entidad, que se han englobado con el nombre de Acuíferos Aislados (figura 1).

A continuación se describirán las principales características de estos acuíferos, referidas al año 1995 (Rodríguez Estrella, 1996); pero allí donde ha sido posible, se han introducido datos más recientes, citando la procedencia de los mismos.

Acuífero Morrón de Totana

- 1) Tiene una superficie de 65 km².
- 2) Las rocas permeables están constituidas por casi 550 m de rocas carbonatadas del Jurásico al Cretácico inferior, entre las que destacan los 375 m basales, pertenecientes al Lías. El impermeable de base es el Trías con facies Keuper, de arcillas y yesos.
- 3) Presenta una estructura de hemianticlinal volcado hacia el N con cabalgamientos internos hacia el S, en el extremo occidental del acuífero, en algunos de los cuales llega a aflorar el Keuper, aunque estos materiales se acuñan por acción tectónica, lateralmente y en profundidad, hecho que facilita la conexión hidráulica entre rocas permeables pertenecientes a unas y otras escamas.
- 4) La piezometría estaba representada, en 1995, por dos pozos en el Llano de las Cabras (611 m s.n.m.), uno a 1.350 m al S de éstos (598 m s.n.m.), propiedad de la Comunidad de Regantes de Totana, y otro a 1.500 m al NW del Berro, propiedad de la Comunidad de Regantes de Aguas de la Noguera (389 m s.n.m.). El gradiente entre los primeros y el último era del 0,9 %. Sin embargo, a partir del 1995 se ponen en funcionamiento los pozos del “Llano de las Cabras” y se produce un fuerte descenso continuado de niveles, llegando a alcanzar la cota piezométrica, el año 2007, de 502 m s.n.m en el piezómetro 2538-30006 de

la Confederación Hidrográfica del Segura (CHS) (figura 2). Estos descensos han sido, entre 1995 y 1999 de 20 m (5,2 m/a); entre 1999 y en 2007 de 30 m (3,8 m/a) y en el 2007 se produce un descuelgue piezométrico (dado el carácter kárstico) de 50 m; de ahí que la CHS haya tenido que sustituirlo por el 2538-30016.

5) Frente a unos recursos de 8,5 hm³/a, en el 1995 solo se explotaba mediante bombeo un volumen de 1 hm³/a, que se utilizaba para regadío. Por tanto existía un superávit de 7,5 hm³/a, que pasaban subterráneamente, una parte a compensar el déficit del acuífero Bosque (5 hm³/a) y otra (2,5 hm³/a) al acuífero de Baños de Mula, precisamente por la fuente del mismo nombre. Sin embargo, en la actualidad (año 2014) se puede decir que este acuífero está sobreexplotado, a juzgar por el descenso piezométrico tan acusado.

6) Se trata de un acuífero kárstico con gran transmisividad, en el que se ha llegado a aforar, en algunos pozos (C.R Aguas de la Noguera), caudales de hasta 150 l/s con una depresión de tan solo 6 m.

7) El agua es de excelente calidad; pertenece a una facies bicarbonatada cálcica y su salinidad es inferior a 500 mg/l.

Acuífero Bosque

Este acuífero fue definido por primera vez por Rodríguez Estrella et al. (1986) y con posterioridad fue redefinido por Rodríguez Estrella (1996).

- 1) Presenta una extensión de 109 km².
- 2) La roca permeable principal, especialmente en el sector occidental, está constituida por 150 a 30 m de pudingas, calizas de algas, areniscas calcáreas y dolomías del Oligoceno inferior-medio; el muro del acuífero viene dado por potentes niveles margosos del Eoceno. En el sector oriental, las rocas carbonatadas del Oligoceno descansan sobre las calizas oolíticas del Lías, existiendo por tanto una conexión hidráulica entre ambas y en este caso el impermeable de base es el Trías arcilloso-yesífero, que aflora por la acción de una escama tectónica.

3) La estructura general es la de un sinclinorio de 3 a 5 km de ancho por 19 km de largo, en cuyo núcleo existe un pequeño anticlinal. El flanco meridional del sinclinal está muy verticalizado, incluso a veces invertido. Por lo que se refiere a la parte oriental del acuífero, la estructura es la de un monoclinal, con vergencia hacia la Cuenca de Mula, retocado por fallas normales.

4) La piezometría estaba comprendida, en 1995, entre los 660 m s.n.m. del pozo del Nacimiento del Río Pliego y 316 m s.n.m. en el pozo de “Los Caños”, junto a Pliego. Otros puntos de agua importantes son los pozos de “Las Anguilas”, con 323 m; pozo de “La Esperanza” (junto al cementerio de Pliego), con 322 m; pozo del “Bárbol”, con 360 m y pozo de “Acibuchar”, con 337 m s.n.m. Existía un flujo generalizado, de SW a NE, del 2,8 %, aunque en el extremo oriental era de solo el 1 %. En el NE se situaban, en la década de los años 70 del siglo XX, las surgencias naturales de “Los Caños”, “Anguilas” y “Bárbol”, que en 1995 estaban secas por la extracciones masivas en lo sondeos (la fuente de “Los Caños” emergió por última vez en 1975 y la de la “Anguilas” en 1977). Las curvas isopiezas tenían una dirección de SW a NE, a excepción del sector oriental (Acibuchar-Gebas) que describían curvas cerradas, como consecuencia de las explotaciones.

En la figura 3 se puede apreciar la evolución del piezómetro 2537-40001, situado en el “Bárbol”. Tras un ascenso de 125 m, entre los años 1985 y 1990 (años lluviosos) y una estabilización hasta el 1993, se inicia una evolución descendente de 155 m, que ha durado hasta el año 2004, y que se llegó a alcanzar una cota de 280 m s.n.m. Pero, con motivo de las lluvias caídas en los años 2004 y 2012 (“gota fría”), el nivel se mantiene prácticamente sobre la cota 300 m s.n.m. Como vemos, se trata de un acuífero muy “sensible”, tanto a las precipitaciones, como a los bombeos intensivos; característica ésta de los acuíferos carbonatados.

La relación que existía entre las anguilas (animales), la fuente del mismo nombre y la explotación intensiva mediante bombeos, ya fue puesta de manifiesto por Rodríguez Estrella et al. (1986). Según estos autores: “El toponímico de <Fuente de las Anguilas> se debe a que desde siempre a estos teleósteos se les vio nadar en las cristalinas aguas de la superficie. Con la bajada de los niveles piezométricos y la construcción de los pozos excavados 1 y 2, estos peces quedaron cautivos en ellos, siendo en 1978 la última vez

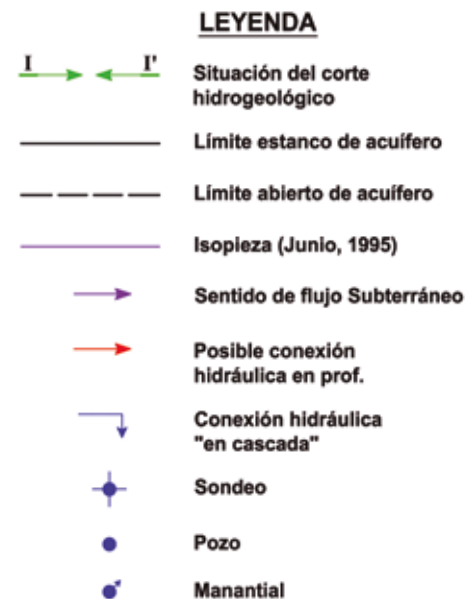
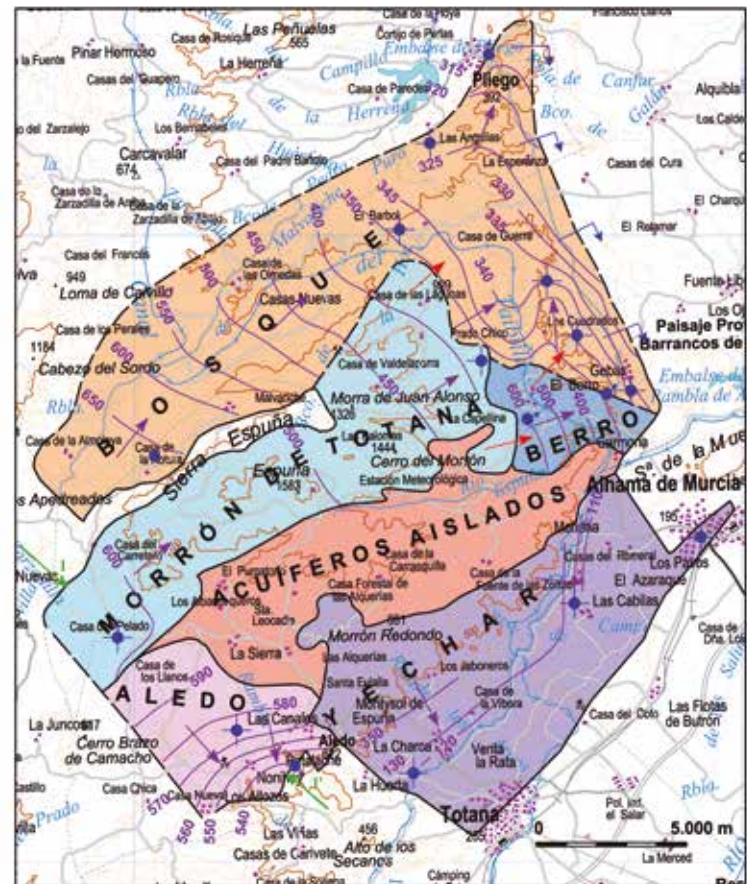


FIGURA 1. MAPA DE ACUÍFEROS DE LA SIERRA ESPUÑA (RODRÍGUEZ ESTRELLA, 1996 Y MODIFICADO POR RODRÍGUEZ ESTRELLA 2012).

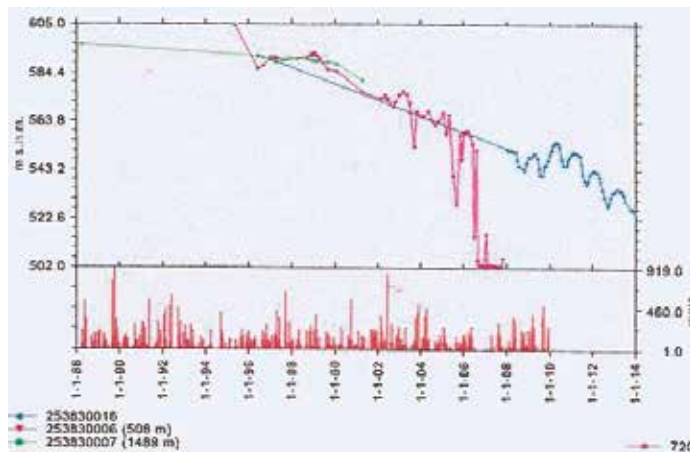


FIG. 2. EVOLUCIÓN PIEZOMÉTRICA EN LOS SONDEOS 2538-30006 Y 30016 (CHS).

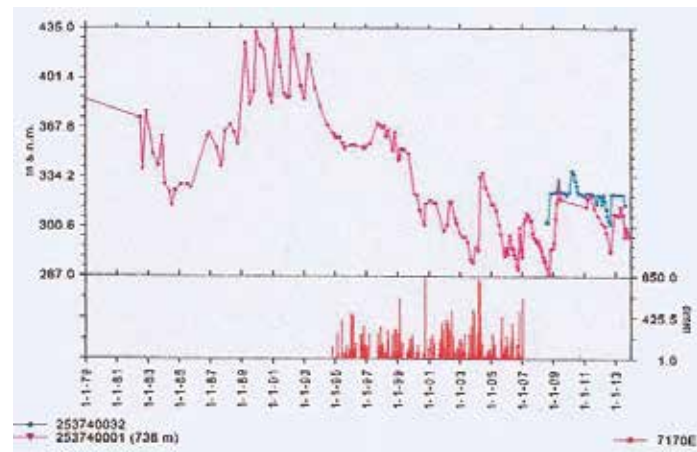


FIGURA 3. EVOLUCIÓN PIEZOMÉTRICA EN EL SONDEO 2537-40001 (CHS)

que se les vio. Si se tiene en cuenta que no existen otros accesos al karst, por vía de escorrentía superficial, que los pequeños arroyos que originan los manantiales ya indicados del acuífero; que ésta no ha emergido desde mayo del 1977; que la última vez que se vieron las anguilas fue en 1978 en el fondo del pozo 1 (Andrés Rubio, el encargado, cogió una para comérsela, que medía cerca de 1 m de longitud, ya que era hembra), se llega a la conclusión de que las anguilas quedaron prisioneras (seguramente desde 1960, que fue cuando se edificaron las construcciones alrededor del pozo nº 7, con el fin de adecuarlo mejor para la explotación) y a juzgar por su tamaño, éstas se habrían desarrollado a 50 m de profundidad en el agua del interior de la tierra durante casi 20 años, tiempo que roza el límite de vida de estos maleoptericios. Es de suponer que ya se hayan extinguido pues, como se sabe, para desovar necesitan marcharse al Mar de los Sargazos”.

5) La alimentación del acuífero procede fundamentalmente de la infiltración de lluvia útil y de entradas subterráneas laterales, procedentes del acuífero Morrón de Totana. Al primer concepto corresponden 9 hm³/a; y al segundo pertenecen 7,5 hm³/a, de los cuales 5 se quedaban en el acuífero para suplir el déficit excepcional que sufría entonces el acuífero y 2,5 pasaban al de los Baños de Mula. Por tanto, en 1995 los recursos se cifraron en 14 hm³/a.

6) La explotación de bombeo ha ido aumentando con el tiempo. Así, en 1982 era de 6 hm³, en 1984 de 10 hm³ y en 1994 de 14 hm³ (Destacaban las baterías de las “Anguilas”, con 3,7; Bárbol, con 3 y la SAT “Acibuchar”, con 3,3).

5) El acuífero presenta unas características kársticas muy acusadas. Es ya mundialmente conocida la “Sima de la Higuera”, de 156 m de profundidad, por los espeleotemas

tan raros allí encontrados, tales como los conos de calcita flotante o “espárragos” (figura 4) o las nubes o “cebollas” (figura 5).

7) La calidad química de las aguas es buena en los pozos que captan el Oligoceno (inferior a 500 mg/l de residuo seco) y menos buena en los que captan el Lías (algo superior a 1.500 mg/l), debido a la influencia del impermeable de base yesífero (Trías).

Acuífero Yechar

Según Rodríguez Estrella (2012), presenta las siguientes características hidrogeológicas, referidas al año 2004:

- 1) Tiene una superficie de 58 km².
- 2) La roca permeable principal está formada por las dolomías triásicas negras del Complejo Alpujárride, con un espesor máximo de 150 m; solidarios con ellas están los conglomerados poligénicos del Tortoniense, que descansan discordantemente, con más de 100 m de potencia.
- 3) El impermeable de base local lo constituyen las filitas permo-triásicas de las Unidades Intermedias y Complejo Alpujárride; sin embargo, a escala más regional, deben ser los micaesquistos del Nevado-Filábride. Hacen de impermeables laterales, por un lado las margas del Mioceno, que presentan grandes espesores, y por otro las filitas permo-triásicas de las Unidades Intermedias, Complejo Alpujárride y Complejo Maláguide.
- 4) La característica tectónica fundamental de la unidad hidrogeológica es la de mantos de corrimiento alpujárrides,

con vergencia sur (estructura en escamas). Se han distinguido fundamentalmente dos cabalgamientos, que separan tres mantos tectónicos y acuíferos, que se han denominado 1, 2 y 3, siendo el 1 el de posición más inferior. Los sondeos termales próximos a Alhama captan el 2.

5) Solo unos pocos sondeos captan el Manto 1; son perforaciones que presentan profundidades superiores a los 500 m con caudales de hasta 50 l/s. Los niveles piezométricos son negativos y el agua se encontraba, en 2004, a profundidades de 350 a 400 m. Algunos son termales, ligados solo a la profundidad.

6) En la figura 6 puede verse la evolución piezométrica del sondeo 2638-10067 (según la CHS). Tras un ascenso de 90 m en el 1990, debido a las copiosas lluvias caídas el año 1988-1989 (se alcanzó la cota de 129 m s.n.m.), se inicia un descenso generalizado hasta el 2007, de 180 m (10,5 m/a de media), llegando a presentar la cota negativa de -52 m. Sin embargo, tras dos años de estabilidad piezométrica, se paraliza la sobreexplotación y se produce un ascenso de 40 m en el 2009 y desde entonces se mantiene estabilizado a una cota de -16 m r.n.m (metros respecto al nivel del mar); ello es debido a las lluvias caídas en los últimos 4 años, entre las que destacan las correspondientes a la “gota fría” de finales de Septiembre del 2012 (al llover más, se explota menos).

Resulta evidente que existe una conexión hidrogeológica entre las dolomías de la Sierra de Santa Yéchar y las del Cerro del Castillo de Alhama, a juzgar por la similitud piezométrica; si bien existe un umbral entre ambas orografías.

7) La alimentación, para toda la unidad hidrogeológica, se ha estimado en $4,3 \text{ hm}^3/\text{a}$, de los cuales solo $0,057 \text{ hm}^3/\text{a}$ (1,8 l/s) corresponden al bloque del Cerro del Castillo. Este último caudal es cinco veces inferior al que salía en las fuentes de Alhama en 1927 (9,8 l/s ó $0,31 \text{ hm}^3/\text{a}$), por lo que resulta necesario que exista una alimentación subterránea lateral al Cerro, procedente del sur de Sierra Espuña, concretamente de la Sierra de Santa Yéchar.

8) En el año 1987 la explotación fue de $3,5 \text{ hm}^3$; pero en el 2003 (Rodríguez Estrella, 2012) fue evaluada en $7,3 \text{ hm}^3/\text{a}$. (más del doble).

9) El balance, por tanto, en ese año era negativo, concretamente de $3 \text{ hm}^3/\text{a}$ y el acuífero estaba sobreexplotado.



FIGURA 4. CONOS DE CALCITA FLOTANTE O “ESPÁRRAGOS”. VF.

10) Según el bombeo de ensayo efectuado en el sondeo “Cerro del Castillo”, el valor medio de transmisividad obtenido fue de $3.719 \text{ m}^2/\text{d}$ que, como vemos, es muy elevado, propio de un acuífero kárstico.

11) Las aguas de este acuífero presentaban, en 2004, una facies química mixta (bicarbonatada-sulfatada cálcico-magnésica) y un residuo seco de 1.500 mg/l. Sin embargo, las termales de las proximidades de Alhama tenían una facies sulfatada cálcica, un pH neutro (7) y un residuo seco de 3.500 mg/l. Según los análisis de isótopos O18 y H2, realizados por el IGME (2003) en el agua del sondeo de los “Baños de Alhama Agua de Dios”, el área de recarga tiene una altitud mínima de 1.000 m (En la Sierra de Santa Yéchar se dan estas cotas; en el “Cerro” solo de 325 m s.n.m.). Por otro lado, de acuerdo con el análisis de tritio (H3) realizado por el IGME (2003) a una muestra del mismo sondeo, parte del agua captada en 2004 tenía como mínimo una edad de 50 años.

Acuífero Aledo

1) Tiene una superficie de 24 km^2 .

2) La roca permeable está constituida por 30 a 100 m de calcarenitas del Mioceno superior, a las que se les une en ocasiones en el techo de 25 a 50 m de conglomerados del Tortoniense y en el muro 125 m de dolomías negras del Trías, ya que el Mioceno descansa discordantemente sobre ellas. El impermeable de base es o bien las margas del Mioceno superior o los esquistos del Paleozoico.

3) La estructura es la de un sinclinal suave en el Mioceno y bajo él existe una tectónica de bloques que afecta a los terrenos maláguides.



FIGURA 5. NUBES O "CEBOLLAS". VF.

4) La piezometría estaba comprendida, en 1995, entre 581 m s.n.m. en los sondeos del N y 540 m s.n.m. en las fuentes de las "Moreras" y de "Cueva de Mota", situadas en el límite sur del acuífero, que en 1979 tenían un caudal conjunto de 6 l/s. El gradiente era hacia el S (hacia los manantiales) y pasaba de ser del 1 %, en el N, a tener el 2 %, en el S del acuífero.

En la figura 7 aparece la evolución piezométrica del sondeo 2538-40043 de la CHS. Se observa un lento descenso continuado y homogéneo, desde el año 1996, de 34 m (1,8 m/a, de media), siendo la cota el 1 de enero de 2014 de 528 m s.n.m. (por debajo de las fuentes).

5) Si se compara la alimentación, que se ha cifrado en 1,26 hm³/a, con la descarga (sondeos y manantiales) del 1995, que se evaluó igualmente en 1,26 hm³/a, se deduce que el acuífero en aquel año estaba equilibrado (prueba de ello es que los niveles piezométricos no descendían). Sin embargo, a partir del 1996 las extracciones han aumentado, de ahí

que los niveles bajen y que el acuífero esté sobreexplotado.

6) Los sondeos que captan las dolomías del Trías tienen una gran transmisividad (se aforan caudales de hasta 50 l/s), mientras que los que lo hacen en las calcarenitas del Mioceno los caudales son mucho más pequeños (5 l/s).

7) Las aguas pertenecen a la facies bicarbonatada cálcica y presentan una salinidad de 564 mg/l.

Acuífero Berro

1) Presenta una extensión de 12 km².

2) Las rocas permeables están constituidas por 20 m de calcarenitas, areniscas y conglomerados del Tortoniense superior que reposan directamente sobre al menos 10 m (pues están biseladas por una escama) de dolomías y calizas del Lías inferior. El impermeable de base es el Trias arcilloso-yesífero, que constituye la suela de la escama.

3) La estructura es la de una escama monoclinal buzante hacia el E.

4) La piezometría estaba comprendida en sondeos, en 1995, entre 610 y 410 m s.n.m. La descarga natural se realizaba en otros tiempos a través de la fuente del “Berro”, que se trataba en realidad de una galería de 1.000 m de longitud. Existía un gradiente muy elevado, concretamente del 10 %; esto es debido a que existe con el acuífero de Morrón de Totana una conexión tipo “pinza” (figura 8), de manera que la relación hidráulica entre ambos se realiza a partir de la zona de nudo, mientras que en el resto hay una clara independencia (salto de 100 m en el extremo occidental del acuífero del Berro). En el año de referencia no existía descenso de niveles piezométricos; más bien al contrario, en relación con el del año 1981 había experimentado un ascenso de 1,3 m.

5) Comparando las entradas estimadas ($0,8 \text{ hm}^3/\text{a}$) con las salidas visibles mediante pozos, sondeos y manantial-galería ($0,3 \text{ hm}^3/\text{a}$) se deduce que en el año 1995 el acuífero tenía un balance positivo de $0,5 \text{ hm}^3/\text{a}$.

6) Puesto que los puntos de agua existentes en 1995 solo interesaban a las rocas del Mioceno, las características hidráulicas eran mediocres; de ahí que los caudales aforados no superaran los 15 l/s.

7) Las aguas pertenecen a la facies de bicarbonatada cálcica y su residuo seco es de 333 mg/l.

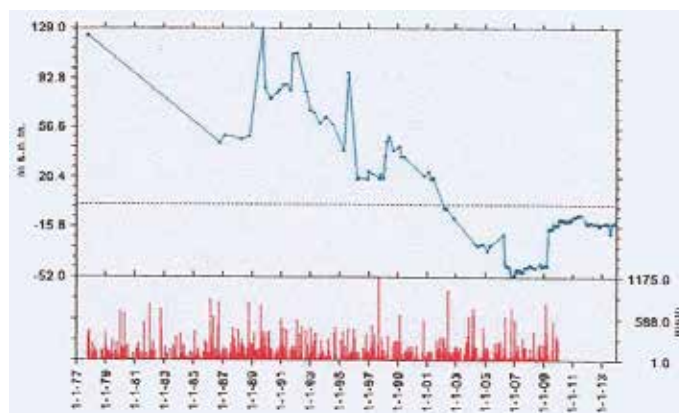


FIGURA 6. EVOLUCIÓN PIEZOMÉTRICA EN EL SONDEO 2638-10067 (CHS).

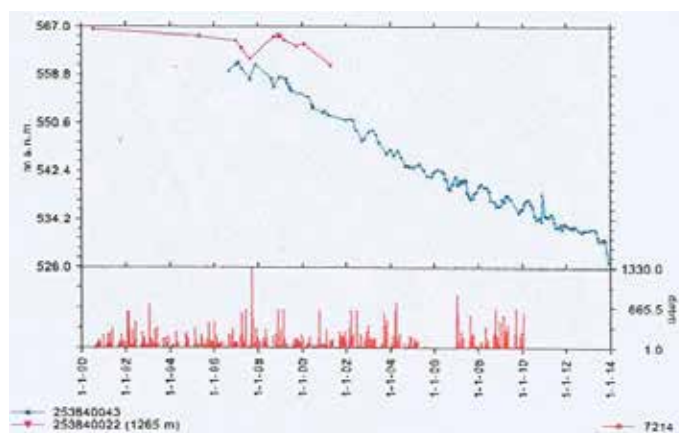


FIGURA 7. EVOLUCIÓN PIEZOMÉTRICA EN EL SONDEO 2538-40043 (CHS).

Bibliografía

Rodríguez Estrella, T. (1996). Exploración, explotación y gestión de los recursos hídricos en los acuíferos kársticos de la Sierra de Espuña (Murcia). *Recursos Hídricos en Regiones Kársticas*. pp. 35-51. Vitoria.

Rodríguez Estrella, T. (2012). Propuesta de aprovechamiento de los recursos geotérmicos de Alhama de Murcia, para que éstos sean renovables. Libro homenaje a José J. Capel Molina. *Nimbus* 29-30, pp. 577-591. Univ. Almería. ISSN: 1139-7166.

Rodríguez Estrella, T.; Martínez Conesa, A. y Solís García-Barbón, L. (1986). Hidrodinámica del Karst de las Anguilas (Murcia): Método de prospección en acuíferos kársticos. *Karst Euskadi*. pp. 379-396. San Sebastián.

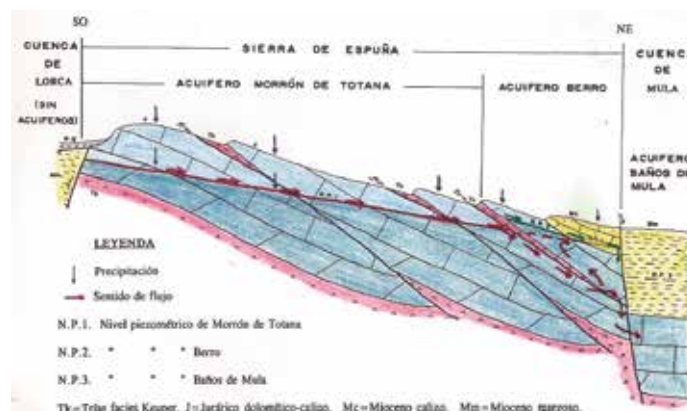


FIGURA 8 ESQUEMA HIDROGEOLÓGICO SOBRE LAS RELACIONES ENTRE LOS ACUÍFEROS DE MORRÓN DE TOTANA, BERRO Y BAÑOS DE MULA.