

El agua subterránea en el Parque Natural Sierra de Grazalema (Cádiz y Málaga)



El agua subterránea en el Parque Natural Sierra de Grazalema (Cádiz y Málaga)

Editores

Juan Antonio López-Geta

José María Fernández-Palacios Carmona

Miguel Martín Machuca

Juan Carlos Rubio Campos

MADRID 2010

La presente publicación ha sido realizada por el Instituto Geológico y Minero de España y la Consejería de Medio Ambiente de la Junta de Andalucía, a través de la Agencia Andaluza del Agua.

DIRECCIÓN Y COORDINACIÓN

Juan Antonio López-Geta. *Instituto Geológico y Minero de España*
José María Fernández-Palacios Carmona. *Agencia Andaluza del Agua, Consejería de Medio Ambiente*
Miguel Martín Machuca. *Instituto Geológico y Minero de España*
Juan Carlos Rubio Campos. *Instituto Geológico y Minero de España*

AUTORES

Joaquín del Val Melús. ADOR consultoría
Manuel Jesús Gálvez Maestre. ADOR consultoría

COLABORADORES

Ángel Díaz Pérez. *Instituto Geológico y Minero de España*
Margarita Martínez Acevedo. *Agencia Andaluza del Agua, Consejería de Medio Ambiente*
Miguel Ángel Maneiro Márquez. *Director Conservador del Parque Natural Sierra de Grazalema. Consejería de Medio Ambiente*
Sergio Martos Rosillo. *Instituto Geológico y Minero de España*
José Antonio Menacho Marín. *Ayuntamiento de Grazalema*
Isabel Torres Luna. *Parque Natural Sierra de Grazalema, Consejería de Medio Ambiente*
Sacramento Usero Piernas. *Agencia Andaluza del Agua, Consejería de Medio Ambiente*

ASISTENCIA TÉCNICA: ADOR consultoría, S.L.
MAQUETACIÓN Y DISEÑO: Manuel Alcalá García
INFOGRAFÍA Y CARTOGRAFÍA: Gerardo Llorente Gil

COLECCIÓN: HIDROGEOLOGÍA Y ESPACIOS NATURALES - Nº 8

Editores: Juan Antonio López-Geta
José María Fernández-Palacios Carmona
Miguel Martín Machuca
Juan Carlos Rubio Campos

EL AGUA subterránea en el Parque Natural Sierra de Grazalema (Cádiz y Málaga) / J. A. López-Geta, J. M. Fernández-Palacios Carmona, M. Martín Machuca, J. C. Rubio Campos, eds.- Madrid: Instituto Geológico y Minero de España, 2010. 228 pgs; ils; 23 cm + 1 map. pleg.- (Hidrogeología y Espacios Naturales; 8)
Contiene: Mapa geológico y mapa hidrogeológico del Parque Natural Sierra de Grazalema

ISBN: 978-84-7840-837-5

NIPO: 474-09-046-6

1. Parque Natural. 2. Agua subterránea. 3. Acuífero. 4. Ecosistema. 5. Geología divulgación. 6. Itinerario excursión. 7. Provincia Cádiz. 8. Provincia Málaga. I. Instituto Geológico y Minero de España, ed. II. López-Geta, J. A., ed. III. Fernández Palacios-Carmona, J. M., ed. IV. Martín Machuca, M., ed. V. Rubio Campos, J. C., ed. VI. Serie

556.3:504(460.355+460.356)

Queda prohibida, salvo excepción prevista en la ley, cualquier forma de reproducción, distribución, comunicación pública y transformación en esta obra sin contar con la autorización de los titulares de propiedad intelectual y de los editores. La infracción de los derechos mencionados puede ser constitutiva de delito contra la propiedad intelectual.

© INSTITUTO GEOLÓGICO Y MINERO DE ESPAÑA

Ministerio de Ciencia e Innovación

c/ Ríos Rosas, 23 - 28003 Madrid

Teléfono: 91 349 57 00 - Fax: 91 442 62 16

Web: <http://www.igme.es>

NIPO: 474-09-046-6

Depósito Legal: M-28674-2010

ISBN: 978-84-7840-837-5

ISBN: 978-84-7840-629-6 (COLECCIÓN COMPLETA)


Maquetación: ADOR consultoría, S.L.

Impresión: TIASA Gráfica

Foto de Portada: Manantial de la Cueva del Gato (ADOR consultoría)

Fotos contraportada: Sierra de la Silla, noria de la fábrica de mantas de Mario y fuente del Dornajo (Joaquín del Val Melús)

Foto solapa: Calle del Agua, en la localidad de Grazalema (Joaquín del Val Melús)



Por su cauce oscuro
la corriente clara
más que decir, cuenta,
más que contar, canta.

Que tu voz aprenda
de la voz del agua
a cantar bajito
cuando todo calla.

José Bergamín
La claridad desierta, 1973

Presentación

La guía sobre “El agua subterránea en el Parque Natural de la Sierra de Grazalema (Cádiz y Málaga)” es el octavo volumen de la colección “Hidrogeología y Espacios Naturales” y se refiere a uno de los espacios protegidos más relevantes de Andalucía. Aunque todas las aguas presentes en el planeta Tierra constituyen un todo unitario -la Hidrosfera-, con estas guías se quiere prestar una atención especial a esa fase oculta del ciclo hidrológico que constituyen las aguas subterráneas, tan importantes a pesar de no ser directamente observables. Parafraseando a Leonardo da Vinci, el agua es el vehículo de la Naturaleza, y nada de ella puede entenderse sin la interpretación del papel que juega este recurso en todos sus estados (sólido, líquido y gaseoso) y ubicaciones (subterráneas, superficiales, edáficas, constituyente de organismos vivos...).

La Sierra fue declarada Reserva de la Biosfera por la UNESCO en 1977 y, en 1985, Parque Natural por la Junta de Andalucía, incluyéndose posteriormente en la red Natura 2000. Es asimismo Zona de Especial Protección para las Aves y Lugar de Interés Comunitario.

Con una extensión de 534 km², el Parque se sitúa en el extremo occidental de la Cordillera Bética, extendiéndose por las sierras limítrofes entre las provincias de Cádiz (nueve municipios) y Málaga (cinco municipios). Está conformado por dos macizos: el macizo de Grazalema y el macizo de Líbar. Los relieves principales son básicamente rocas carbonáticas (calizas y dolomías), mientras que las zonas deprimidas están formadas mayoritariamente por niveles o alternancias de arcillas, margas y areniscas.

La red hidrográfica viene señalada por las cabeceras de los ríos Guadalete, Majaceite y Guadiaro, con una distribución centrífuga desde el Puerto de Boyar e importantes pérdidas por infiltración en los materiales carbonáticos. El clima es mediterráneo templado-húmedo, con temperaturas medias anuales que oscilan entre 16 y 17° C y lluvias cuantiosas que alcanzan en el sector central del Parque precipitaciones medias anuales de 1.900 mm, repartidas con gran irregularidad interanual. La fauna y la vegetación presentan una gran variedad, con grandes extensiones de bosques y de vegetación de ribera.

En el Parque destacan las numerosas morfologías debidas a las características litológicas y estructurales, con espectaculares formas que caracterizan el paisaje kárstico, tanto subterráneo como superficial, debidas a la acción de la disolución del agua sobre estos materiales. El desarrollo kárstico y los numerosos manantiales relacionados con las aguas subterráneas hacen que éstas cobren un protagonismo singular y que el Parque presente acuíferos de gran desarrollo.

En esta publicación se hace especial hincapié en las relaciones del agua con el medio físico, la biodiversidad y el patrimonio cultural asociado al agua. Se estructura la guía en dos partes: una, de carácter general, donde se describen las características generales del Parque, los rasgos geológicos y geomorfológicos, agua y paisaje humano, el medio vivo y las adaptaciones al medio acuático, la vegetación y fauna asociada a los hábitats acuáticos, así como diferentes apartados sobre las aguas subterráneas en el Parque, el ciclo del agua, su calidad natural, acuíferos diferenciados, manantiales o balance hídrico, entre otros aspectos.

En la segunda parte se describen seis itinerarios a través de los cuales se explican las peculiaridades geológicas, hidrogeológicas, geomorfológicas y la relación agua subterránea-medio vivo, que permitirán al visitante comprender el importante papel que tienen las aguas subterráneas en la biodiversidad y geodiversidad del Parque.

Esta guía viene acompañada de un plano que provee al visitante de un esquema sencillo que le permitirá una visita cómoda por el Parque. En él se incluye la cartografía de los acuíferos, la situación de puntos de agua significativos, y los seis itinerarios propuestos. En el reverso se incluye, un corte geológico-hidrogeológico interpretativo, un mapa geológico, un esquema de acuíferos y una relación de manantiales y cavidades inventariadas.

Con esta guía se contribuye a un mejor conocimiento y una mayor difusión de los espacios naturales en los que el agua genera un alto valor por su repercusión en la geodiversidad y biodiversidad.

Rosa de Vidania Muñoz
DIRECTORA DEL INSTITUTO
GEOLÓGICO Y MINERO DE ESPAÑA

José Juan Díaz Trillo
CONSEJERO
DE MEDIO AMBIENTE

Presentation

The guide describing "Groundwater in the Natural Park of the Sierra de Grazalema (Cádiz and Málaga)" is the eighth volume of the collection "Hydrogeology and Natural Spaces"; and it focuses on one of the most relevant protected spaces in Andalucía. Although all the bodies of water present on the planet Earth can be considered as a single embracing unit, the Hydrosphere, these guides are intended to place special emphasis on the hidden phase of the hydrogeological cycle, the groundwater, so crucial despite the fact that it is not directly observable. To paraphrase Leonardo da Vinci, water is the vehicle of Nature, and nothing in Nature can be understood without interpreting the role that this resource plays in all its states (solid, liquid and gaseous) and settings (underground, surface, edaphic, as a constituent part of live organisms...).

This Sierra was declared a Reserve of the Biosphere by UNESCO in 1977, and in 1985, a Natural Park by the Junta de Andalucía, to be later included in the "Natura 2000" network. It is likewise a Zone of Special Protection for Birds, and a Site of Community Interest.

Covering 534 km², the Park is located at the westernmost end of the Betic Cordillera, extending over the bordering mountainous ranges in the provinces of Cádiz (nine municipalities) and Málaga (five municipalities). It takes in two massifs: the Grazalema Massif and the Líbar Massif. The main reliefs basically consist of carbonate rocks (limestones and dolomites) while and the zones of depression principally comprise alternating layers of clays, marls and sandstone.

The hydrographic network is marked by the headwaters of the rivers Guadalete, Majaceite and Guadiaro, with a centrifugal distribution from the Puerto de Boyar and significant losses due to infiltration in the carbonate materials. The climate is Mediterranean and temperate-moist, with average annual temperatures of the order 16°-17° C and considerable rainfall, which can amount to annual means of 1.900 mm in the central sector of the park, though it shows great interannual variability. Flora and fauna are rich in variety, with great extensions of forests and shoreline vegetation.

Deserving mention as well are the numerous morphologies of the Park, given its lithological and structural characteristics. These include spectacular karstic forms, both on the surface and underground, owing to the action of water dissolving upon the materials. The karstic development and the many springs related with groundwater point to the great protagonism of these underground resources, indicating that the Park has highly developed aquifers.

The present publication accents the relations of water with the physical environment, the biodiversity and the cultural patrimony associated with water. The guide is structured in two parts: one, having a general orientation, describes the general characteristics of the Park, the geological and geomorphological features, water and human landscapes, the living environment and adaptation to aquatic ecosystems and the flora and fauna associated with aquatic habitats. There are different sections on the underground waters of the Park, the water cycle, its natural quality, differentiated aquifers, springs, hydric balance, etc.

The second part details six separate itineraries that serve to illustrate the geological, hydrogeological, and geomorphological peculiarities of this setting; and which will also help the visitor comprehend the role of groundwater in the biodiversity and geodiversity of the Park.

The guide is accompanied by a simple map that will help visitors explore the Park. It features the cartography of the aquifers, the location of significant water points, and the six proposed itineraries. The reverse side of the map provides an interpretative geological-hydrogeological cross section, a geological map, a sketch of the aquifers, and a list of the points of inventory and of drains, chasms, and caves.

This guide aspires to foment knowledge and diffusion of the natural spaces in which water generates an enormous added value in terms of its repercussions for geodiversity and biodiversity.

Rosa de Vidania Muñoz
DIRECTORA DEL INSTITUTO
GEOLÓGICO Y MINERO DE ESPAÑA

José Juan Díaz Trillo
CONSEJERO
DE MEDIO AMBIENTE

ÍNDICE

Capítulo 1. EL PARQUE NATURAL	17
Situación y accesos	18
Orografía e hidrografía	19
Clima	22
Paisaje vegetal y flora	24
Fauna	27
Población y socioeconomía	29
El Pinsapar	31
Capítulo 2. AGUA Y MEDIO FÍSICO	33
Rasgos geológicos	35
Rasgos geomorfológicos	45
Capítulo 3. AGUA Y BIODIVERSIDAD	53
Vegetación de ríos y riberas	56
Vegetación de rezumes	60
Vegetación de manantiales y fuentes	61
Fauna asociada a los hábitats acuáticos	63
Capítulo 4. EL AGUA EN EL PARQUE	67
El ciclo del agua	68
Acuíferos	69
Manantiales	72
Comportamiento hidrogeológico de los distintos materiales presentes en el Parque	74
Morfología kárstica	77
Acuíferos kársticos	88
Los acuíferos del Parque Natural Sierra de Grazalema ..	91
- Acuífero de Zafalgar-Labradillo	91
- Acuífero de El Bosque	93
- Acuífero de Pinar-Monte Prieto	95
- Acuífero Escamas del Corredor del Boyar	96
- Acuífero de El Hondón	98
- Acuífero de El Endrinal	99
- Acuífero de Ubrique	101
- Acuífero de Silla	103
- Acuífero de Líbar	104
- Acuífero de la Depresión de Ronda	107
Los recursos hídricos subterráneos del Parque Natural .	109
Calidad natural de las aguas subterráneas	112

Capítulo 5. AGUA Y PAISAJE HUMANO	117
Molinos, batanes y martinetes	119
Fuentes, abrevaderos y otros elementos del patrimonio hidráulico	123
Las grandes infraestructuras hidráulicas	127

Travertinos y molinos hidráulicos, una curiosa e interesante asociación	129
--	-----

ITINERARIOS DEL AGUA	133
-----------------------------------	-----

Itinerario 1. Los Llanos del Campo – Río Majaceite	135
--	-----

Itinerario 2. Del Embalse de Zahara a la Garganta Verde	148
---	-----

Itinerario 3. Puertos de las Presillas y del Boyar – Cabecera del Guadalete	161
---	-----

Itinerario 4. Manga de Villaluenga – Llanos del Republicano	173
---	-----

Itinerario 5. Del río Gadares al río Guadiaro	191
--	-----

Itinerario 6. De Benaoján a la cueva de la Pileta	204
--	-----

Créditos fotográficos y de ilustraciones	213
---	-----

Bibliografía	215
---------------------------	-----

Glosario	219
-----------------------	-----

Direcciones de interés	227
-------------------------------------	-----

En los 5 primeros capítulos de este libro, referidos a las características del Parque Natural Sierra de Grazalema y a diversos aspectos de interés en relación con el agua, la parte esencial del texto se presenta sobre un fondo de color, mientras que el resto aparece sobre fondo blanco. Con ello se facilitan dos niveles de lectura: uno básico, del que sólo forma parte lo destacado sobre fondo de color, y otro avanzado, que permite profundizar en aspectos complementarios y de mayor detalle mediante la lectura continua de todo el texto.



Capítulo 1

El Parque Natural

Situación y accesos

El Parque Natural Sierra de Grazalema es uno de los primeros y, sin duda, más singulares espacios naturales protegidos de Andalucía. Ya en 1977 la UNESCO declaró la Sierra de Grazalema como Reserva de la Biosfera y en 1985 fue declarado Parque Natural por la Junta de Andalucía. Con posterioridad, tras la aprobación de la Ley 2/1989 del Inventario de Espacios Naturales Protegidos, se integra en la red de espacios naturales de Andalucía y se amplía su superficie hasta su extensión actual de 534 km². Forma parte de la red europea Natura 2000 y ha sido designado igualmente como Zona de Especial Protección para las Aves (ZEPA) y Lugar de Interés Comunitario (LIC).

El Parque Natural se localiza en el extremo occidental de la Cordillera Bética, ocupando las sierras limítrofes situadas entre las provincias de Cádiz y Málaga. Limita al norte con la campiña de Olvera, al sur con el Parque Natural de los Alcornocales, al este con el valle del río Guadiaro y al oeste con la campiña de Arcos de la Frontera. El territorio del Parque se distribuye entre nueve municipios gaditanos (Grazalema, Zahara de la Sierra, Villaluenga del Rosario, Benaocaz, Ubrique, El Bosque, Prado del Rey, Algodonales y El Gastor) y cinco malagueños (Benaoján, Montejaque, Cortes de la Frontera, Jimera de Líbar y Ronda), incluidos total o parcialmente en el Parque Natural.



Zahara de la Sierra, núcleo gaditano situado en el extremo norte del Parque Natural

El Parque se encuentra recorrido por un conjunto perimetral de carreteras que lo rodean casi en su totalidad y que permiten el acceso a los núcleos de población que se sitúan en su zona periférica: Zahara de la Sierra, Prado del Rey, El Bosque, Ubrique, Cortes de la Frontera, Jimera de Líbar, Benaoján y Montejaque. Sin embargo, dado lo abrupto del

paisaje, sólo tres ejes viarios de cierta importancia atraviesan el corazón del Parque: la carretera A-372 (Arcos de la Frontera-Ronda) que, tras entrar en el Parque por la localidad de El Bosque continúa por Benamahoma y Grazalema hasta el Puerto de Montejaque; la carretera A-2302, que desde Ubrique nos conduce a las localidades de Benaocaz y Villaluenga del Rosario y finaliza en la anterior carretera en el Puerto de los Alamillos, al este de la localidad de Grazalema; y la carretera CA-9104 que permite enlazar Zahara de la Sierra con Grazalema a través de los puertos de los Acebuches y de las Palomas. La línea férrea Bobadilla-Algeciras discurre por el extremo oriental del Parque, por el valle del río Guadiaro, con estaciones en Benaoján, Jimera de Líbar y Cortes de la Frontera.



Benaoján, uno de los pueblos malagueños del Parque

Orografía e hidrografía

El Parque Natural es un imponente conjunto montañoso, con una altitud media de 760 metros sobre el nivel del mar, cuyas sierras principales cuentan con cimas que superan los 1.000 metros de altitud.

Estas sierras se pueden agrupar en dos macizos bien definidos: por un lado, el macizo de Grazalema y, por otro, el macizo de Líbar, ambos separados por la Garganta de Barrida, los Llanos del Republicano y el río Gaduares.

El primero está formado por las sierras Margarita, del Labradorillo, Zafalgar, del Pinar, Cerro Albarracín, la Silla, Endrinal, Caíllo, Ubrique, Las Viñas y Peralto. Las máximas elevaciones de estas sierras, que se orientan con direcciones variables, se alcanzan en las cumbres de Navazo Alto (1.395 m), situada en la Sierra del Caíllo; en el Reloj (1.535 m) y el Simancón (1.569 m), ambos en la Sierra del Endrinal; en la Sierra del Pinar, las mayores alturas están representadas por el Pico

San Cristóbal (1.556 m) y el Torreón, que con sus 1.648 metros es la mayor elevación del Parque Natural y de la provincia de Cádiz. Por su parte, el macizo de Líbar, que ocupa la zona oriental del Parque, está formado por un conjunto montañoso y alargado según una orientación noreste-suroeste, representado por las sierras de Mures, Montalate, de Juan Diego o Benaoján, Líbar y Mojón Alto, del Palo, Blanquilla y, finalmente, la Sierra de los Pinos. Destacan en este macizo las elevaciones de los picos Ventana (1.298 m), en la Sierra de Juan Diego; Palo (1.400 m) y Pinos (1.395 m) en sus homónimas sierras, así como el Cerro de Martín Gil (1.394 m) en Sierra Blanquilla.



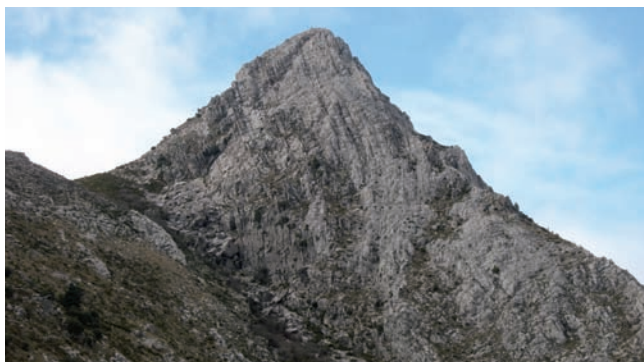
El Torreón (1.648 m), en la Sierra del Pinar, pico más alto del Parque y de la provincia de Cádiz

La práctica totalidad de estos relieves se desarrolla sobre rocas carbonáticas –calizas y dolomías de diferentes tipos-, a excepción de la Sierra de Peralto, única alineación montañosa de cierta importancia modelada sobre areniscas.

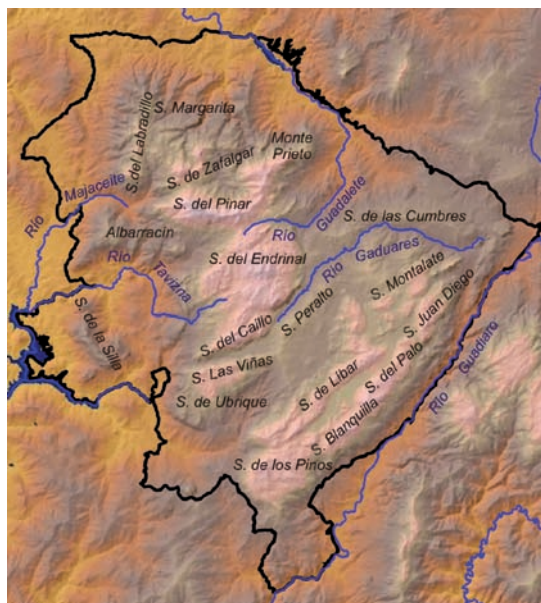
Las zonas deprimidas, por el contrario, se corresponden con la aparición de sustratos poco resistentes a la erosión: principalmente arcillas, margas (rocas intermedias entre calizas y arcillas) y flyschs (series sedimentarias comúnmente formadas por una alternancia de capas de distinta litología, como por ejemplo arcillas y areniscas, o margas y arcillas).

La red hidrográfica está formada por barrancos muy encajados y cabeceras de cauces fluviales mayores, como las del Guadalete, Majaceite -afluente al anterior al suroeste de Arcos de la Frontera, ya fuera del Parque- y Guadiaro. Los dos primeros, el Guadalete y el Majaceite, nacen en el propio Parque Natural: en el Puerto del Boyar, el primero, y junto a la localidad de Benamahoma, el segundo. El Guadiaro, por su parte, se forma en la confluencia de los ríos Guadalcobacín y Guadalevín, al oeste de la ciudad de Ronda, junto al límite del Parque.

La red de drenaje adquiere una distribución centrífuga en la que el Puerto del Boyar es el punto a partir del que divergen los cauces. Así, hacia el norte vierten el río Guadalete y sus afluentes los arroyos del Chorreadero, Parralejo y Bocaleones, entre los más importantes; al noreste vierte el río Gaduares o Campobuche, para después girar al sureste hasta el Guadiaro; y hacia el flanco occidental vierten los ríos Majaceite (o río de El Bosque), Tavizna y Ubrique, salvando fuertes desniveles en escaso recorrido.



El Pico San Cristóbal (1.568 m), situado en la Sierra del Pinar, es la segunda mayor elevación del Parque



Principales elementos orográficos e hidrográficos del Parque Natural

Clima

El clima existente es de tipo mediterráneo templado-húmedo. La temperatura media anual oscila entre 16 °C y 17 °C, con temperaturas medias en invierno en torno a los 9 °C y a los 23 °C en verano. Las temperaturas extremas llegan a alcanzar valores de -8 °C y de 40 °C. Su peculiaridad climática reside en el régimen de lluvias, que proporciona el mayor índice pluviométrico de Andalucía y uno de los mayores de España.

La situación del Parque, influida tanto por el océano Atlántico como por el mar Mediterráneo, así como la accidentada orografía, son las causas de estas elevadas precipitaciones, debidas en gran parte al efecto Foëhn o lluvia orográfica. Los vientos cargados de humedad procedentes del Atlántico –que penetran desde el sudoeste- se elevan bruscamente al encontrarse con estos relieves, con el consecuente enfriamiento y condensación, precipitando la lluvia sobre las laderas de barlovento.

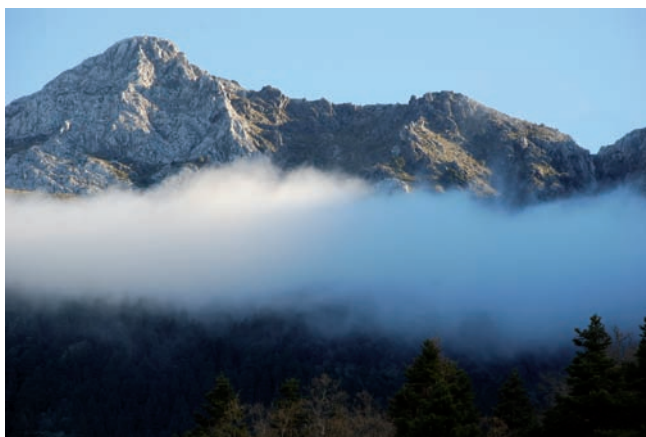


Nubes ascendiendo por la ladera sur de la Sierra del Pinar

La precipitación anual en la localidad de Grazalema –en la zona central del Parque Natural, a 830 metros de altitud- ha llegado a superar algunos años los 2.200 l/m². La lluvia es, no obstante, muy irregular tanto temporal como espacialmente.

En esa misma estación meteorológica de Grazalema, los años secos han registrado precipitaciones inferiores a 1.300 mm, pudiéndose considerar la precipitación media anual en esta localidad en unos 1.900 mm. La distribución pluviométrica interanual es mucho más irregular: mientras en el primer semestre del año hidrológico (de octubre a marzo) tiene lu-

gar casi el 80% de la precipitación anual, con máximos entre los meses de noviembre y febrero, el segundo semestre apenas registra un 20%, con mínimos de lluvia –prácticamente ausente- en julio y agosto. La distribución espacial de la precipitación refleja una heterogeneidad aún más espectacular: en la población de El Bosque, en el borde occidental del Parque y a 289 metros de altitud sobre el nivel del mar, encontramos precipitaciones medias anuales de 888 mm y en Montejaque, en el extremo oriental, a 689 metros de altitud, la precipitación media anual es sólo de 626 mm.



Descenso de nubes en la ladera septentrional de la Sierra del Pinar, situada a barlovento, origen de abundantes lluvias

La explicación de todo ello reside en varios motivos. Por una parte, los lugares situados a sotavento de las sierras muestran índices pluviométricos muy inferiores a los situados a barlovento o en su interior. Por otra, hay una marcada influencia de la altura sobre las precipitaciones. En las sierras del Parque Natural se llegan a incrementar las precipitaciones hasta 1,83 mm por cada metro de altura, mucho más de lo habitual en otras serranías, que suele ser de 1mm por metro de altura. De esta forma, podemos estimar que la precipitación en la zona más alta del Parque Natural, la Sierra del Pinar, puede llegar a superar los 2.600 mm en años medios. La gran diferencia en los valores pluviométricos existentes a lo largo del año se explica por el régimen de vientos: los de poniente llegan a alcanzar un 95% de humedad y soplan, preferentemente, en los meses invernales, mientras que en los meses de verano, por el contrario, llegan vientos de levante de extrema sequedad.

Paisaje vegetal y flora

La gran variedad climática, geológica, edáfica y altitudinal del Parque Natural ha propiciado el desarrollo de numerosas formaciones vegetales, en diferente estado de conservación, así como una enorme variedad florística, con unos 1.400 taxones representados en su ámbito, lo que supone algo más del 25% de las especies descritas para España.

De entre las formaciones vegetales presentes destaca, como más característico y definidor del espacio, el pinsapar de la vertiente septentrional de la Sierra del Pinar, encontrándose otras formaciones boscosas de gran valor por su estado de conservación y presencia de especies faunísticas y botánicas singulares, como encinares –que dan lugar a la formación más representativa del Parque-, quejigares, alcornoques y bosques de ribera, con niveles de cobertura de vegetación arbórea superior al 50%.



Los encinares son las formaciones vegetales más representativas del Parque (Sierra de Líbar)

Las mayores extensiones de formaciones boscosas, además de en la Sierra del Pinar, se localizan en las sierras Margarita, Labradillo, Cerro Albarracín, Silla, Ubrique, Peralto y en el sector nororiental comprendido entre los ríos Guadalete y Gaduares.

Algunas de estas formaciones boscosas se presentan aclaradas o adehesadas, en las que existe una mayor diversidad, reflejada en la presencia de varias especies de *Quercus* (encinas, alcornoques y quejigos), junto con otras frondosas como acebuches y algarrobos; las dehesas juegan asimismo un importante papel como hábitats de numerosas especies.



Alcornocal (Sierra de las Cumbres)

Los bosques de ribera, formados por especies muy diversas de matorral y estrato arbóreo, muestran notables ejemplos en tramos de los ríos Majaceite y Tavizna, así como en los arroyos Cupil y Bocaleones; además de servir de refugio a numerosos taxones de fauna, son de gran interés por su función como corredores ecológicos. Las áreas de matorral (jarales, aulagares y retamares), sustitutivo del primitivo bosque mediterráneo, representan otra de las formaciones vegetales más extensas del Parque, con una presencia variable, aunque escasa, de cubierta arbórea; tienen un destacado papel como hábitats de ciertas especies faunísticas (micromamíferos, pequeños carnívoros, paseriformes o reptiles) o como áreas de campeo de numerosos predadores. Las plantaciones forestales deben su origen a las repoblaciones llevadas a cabo en diferentes montes públicos, con pino negral (*Pinus pinaster*) y -en menor medida- con pino piñonero (*Pinus pinea*) y pino carrasco (*Pinus halepensis*), con el objetivo de frenar los procesos erosivos y contribuir a la regulación hidrológica en las cabeceras de algunas cuencas, como la del Guadalete o la Garganta de Barrida; con este mismo objetivo se realizaron repoblaciones con eucaliptos junto al embalse de los Hurones, zona del Boyar y proximidades del arroyo del Moro.

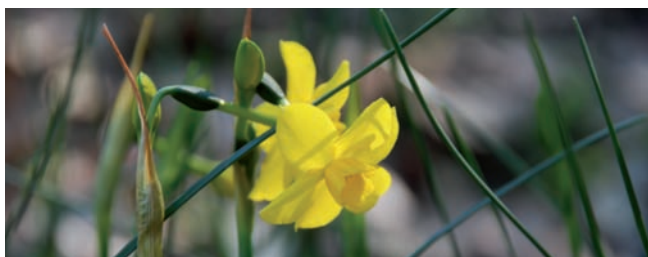
Los roquedos con vegetación natural –situados en zonas culminantes y farallones de los relieves calizos, canchales y pedregales- constituyen zonas de refugio de especies tan emblemáticas y en peligro de extinción como *Papaver rupifragum* (amapola de Grazalema) y *Rupicapnos africana* subsp. *decipiens* (conocida popularmente como perejil carnoso o conejitos, que habita en grietas de paredones calcáreos) y otros endemismos. Los pastizales, otro de los paisajes vegetales

del Parque Natural, se han originado por la eliminación de la mayor parte de las especies no herbáceas, con el objeto de dedicar el terreno a la ganadería extensiva; son característicos de algunas de las depresiones morfológicas mayores, como son los Llanos del Republicano y de Líbar o la depresión del Pozuelo. Finalmente, la última gran unidad de formaciones vegetales está constituida por áreas agrícolas, que se corresponden con las zonas de cultivo de los valles fluviales y depresiones morfológicas, en las que la mayor profundidad de suelo y menores pendientes permiten un aprovechamiento agrícola intensivo y continuado.



Huertas en las proximidades de Benamahoma, junto al río Majaceite

Numerosos endemismos, especies en peligro de extinción, otras consideradas vulnerables y de interés especial, junto con las 6 especies de interés comunitario incluidas en la Directiva Hábitats, dan idea de esta gran singularidad florística. La variedad de hábitats es tal que hay un total de 19 incluidos en esa misma Directiva, dos de ellos prioritarios: "vegetación de manantiales petrificantes de aguas carbonatadas con formación de tobas" y "zonas subestépicas de gramíneas y anuales del *Thero-Brachypodietea*" (pastos formados por diversas gramíneas y pequeñas plantas anuales, desarrollados sobre sustratos secos).



***Narcissus fernandesii*, narciso de río, especie de interés comunitario**

La riqueza micológica es también extraordinaria.

En los pastizales la seta más abundante es la seta de cardo, donde también se encuentran el champiñón silvestre y la barbuda. En las formaciones arboladas que bordean ríos y arroyos, la seta de ostra es la más codiciada. Los alcornoques son, sin duda, la formación vegetal que alberga la mayor diversidad de especies y gran parte de las setas comestibles más cotizadas: chantarela, boleto, parasol y la muy apreciada tana, oronja o yema de huevo (la famosa *Amanita caesarea*), aunque también dan cobijo a otras muchas especies tóxicas o incluso mortales, como la oronja verde o cicuta verde (*Amanita phalloides*) o la oronja pintada (*Amanita muscaria*). En los encinares proliferan el yesquero y la oreja de gato, no aptas para su consumo, aunque en los de mayor altitud pueden llegar a aparecer la cagarria y la trufa de verano. En el pinsapar aparece la codiciada colmenilla y la negrilla o seta de pino, junto a otras especies no comestibles como la estrella de tierra o el bonete, también conocido como falsa colmenilla. En los pinares de repoblación, la seta reina es el níscolo.

Fauna

Otro de los múltiples atractivos que ofrece el Parque Natural Sierra de Grazalema es la fauna, rica y variada, con especies tan singulares como la cabra montés o el buitre leonado. Son más de doscientas las especies de vertebrados catalogadas: 7 de peces, 34 entre anfibios y reptiles, 44 de mamíferos y más de 130 de aves. La inmensa mayoría de ellas están incluidas en algunas de las normativas de protección nacional e internacional, lo que proporciona una idea de su relevancia.



Ejemplares jóvenes de cabra montés en la Sierra del Pinar



En la Garganta Verde nidifica una de las mayores colonias de buitre leonado de Europa

Entre los mamíferos, el orden más numeroso es el de los murciélagos, de los que se llegan a encontrar 15 especies. Los pequeños mamíferos proliferan: musaraña común, lirón, conejo, topillo, erizo común, ratón de campo, etc. Son la base alimenticia de carnívoros como el zorro, comadreja, tejón, nutria, garduña, gato montés, gineta y meloncillo. Los grandes mamíferos herbívoros cuentan con el corzo (con poblaciones en el pinsapar de la Sierra del Pinar, inmediaciones del embalse de los Hurones, Garganta Barrida y macizo de Líbar), el ciervo y, especialmente por su carácter emblemático, la cabra montés, que cuenta con una población en la Sierra del Pinar y otra, más numerosa, en el macizo de Líbar.

Las aves constituyen el grupo más numeroso, con un total de 136 especies entre sedentarias y migratorias. Las rapaces son especialmente abundantes, tales como el azor, el ratonero común, el águila perdicera, el águila real, el alimoche y el buitre leonado, especie que presenta en el Parque Natural una de las mayores colonias de cría de Europa. Otras aves existentes son la paloma torcaz, perdiz, mirlo común, zorzal y abubilla. En los roquedos la chova piquirroja, la grajilla, el cuervo, el roquero solitario y la collalba negra son abundantes, mientras que las arboledas son frecuentadas por numerosas pequeñas aves, como el agateador común, el escribano montesino, el triguero, el pinzón vulgar, el verdecillo, el verdón común o la curruca cabecinegra.

Población y socioeconomía

El territorio del Parque Natural, desde el punto de vista del poblamiento, presenta muy baja densidad de población. Los núcleos de población se sitúan mayoritariamente en los bordes del Parque, o incluso fuera de él: Algodonales (5.726 habitantes), El Gastor (1.901), Zahara de la Sierra (1.529), Prado del Rey (6.002), El Bosque (2.035), Ubrique (17.162), Cortes de la Frontera (3.738), Jimera de Líbar (470), Benaoján (1.632), Montejaque (995) y Ronda (36.122 habitantes).

Son localidades, a excepción de Ubrique y Ronda, escasamente pobladas en las que, no obstante, se concentra el 96% de la población. Por el contrario, en la zona interior del Parque sólo se sitúan tres municipios: Grazalema (con dos núcleos, Grazalema y Benamahoma, que cuentan con un total de 2.218 habitantes), Benaocaz (701 habitantes) y Villaluenga del Rosario (476 habitantes), con densidades de población que, en el caso de Grazalema, no llegan a los 20 habitantes por kilómetro cuadrado y en los otros dos municipios apenas alcanzan los 10 hab/km², lo que proporciona una idea aún más clara de lo despoblado del territorio.



Vista de la población de Benaocaz

La estructura socioeconómica y productiva de la mayor parte de los municipios, especialmente en los pequeños, tiene un fuerte arraigo en el sector primario, combinado con el desarrollo industrial de los que cuentan con tradición al respecto, caso de Ubrique y Prado del Rey (marroquinería) y Benaoján (industria cárnica). En algunos municipios se observa el peso cada más importante de nuevas actividades, como el turismo —especialmente en El Bosque y Grazalema—, y un importante proceso de terciarización productiva en el

caso de Ronda, basado en su equipamiento turístico, comercial y de servicios.

Por sus características naturales, este espacio es una zona de gran tradición e importancia ganadera, manteniéndose esta actividad como uno de los pilares básicos de la economía para muchos de los municipios.

Tal es la importancia de esta tradición ganadera que incluso existe una raza autóctona de ovejas, la merina de Grazalema, y otra de cabra, la payoya, cuya leche se dedica a la elaboración de quesos de gran aceptación. Actualmente, el ganado caprino –con casi la mitad de la cabaña ganadera– es el más abundante, seguido del ovino, mientras que el bovino sólo representa el 10% restante. La cría de cerdo ibérico, que aprovecha los encinares, quejigales y alcornoques transformados en dehesas, permite la producción de chacinas de calidad. La reciente instalación de fábricas de queso en El Bosque, Grazalema y Villaluenga del Rosario ha supuesto nuevas vías de transformación y comercialización de productos ganaderos. La agricultura –aunque mucho más limitada por la configuración y fisiografía del territorio– es otra de las actividades económicas tradicionales, en la que el olivar figura como el principal cultivo.



Ganado vacuno (Sierra del Labradillo)

La artesanía, la elaboración de productos agroganaderos de gran calidad y el turismo de naturaleza son los sectores que más se han desarrollado en los últimos años.

El uso recreativo que posibilita el Parque ha sido un importante impulso a este tipo de turismo: el senderismo, la escalada, la observación de aves y la espeleología son algunas de las actividades en la naturaleza que más atraen al visitante.

EL PINSAPAR

El pinsapo (*Abies pinsapo*) es una especie de abeto, exclusiva de tres serranías andaluzas: las sierras de las Nieves y Bermeja, en la provincia de Málaga, y la Sierra de Grazalema -más concretamente, la Sierra del Pinar-, en la provincia de Cádiz. Se trata, por tanto, de un abeto mediterráneo, situado a altitudes inferiores a los 2.000 metros, frente a los abetos comunes que se localizan en medios climáticos alpinos o boreales. En el ámbito mediterráneo existen también abetos en las montañas norteafricanas y en distintos puntos del Mediterráneo Oriental y, aunque con caracteres comunes a los nuestros, se diferencian entre sí y con respecto a los borealpinos. Esta diferenciación es un producto de la evolución en el tiempo desde los finales de las épocas glaciares hasta la actualidad.



El pinsapar de Grazalema, localizado en la vertiente norte de la Sierra del Pinar

En la última época glacial la flora borealpina se extendía hasta el norte de África, pero al irse produciendo el cambio de clima, las temperaturas y precipitaciones que caracterizaban este ámbito se desplazaron hacia el norte y, con ellas, la vegetación que propiciaban. Y allí están los abetos que se les conoce con el nombre científico de *Abies alba*, ancestros de los del Mediterráneo. Ante el cambio de situación climática, las especies se refugiaron en altitud en busca del frío y la lluvia, logrando sobrevivir en las nuevas condiciones. Pero estas poblaciones, pequeñas, quedaron aisladas entre sí, en condiciones ecológicas diferentes, con lo que se produjo en ellas un proceso de evolución adaptativa que hizo que los individuos de estas masas boscosas se diferenciaron de sus ancestros y entre sí, cuando la distancia impedía el intercam-

bio de material polínico.

Tenemos, de esta forma, un conjunto de especies que son, por una parte, una reliquia del pasado y, por otra, endémicas, es decir, exclusivas de los reducidos espacios que las albergan. De esta forma, en nuestras sierras tenemos al *Abies pinsapo*, en las montañas del norte africano a los *Abies maroccana* y *numidica*, en los montes Nebrodi sicilianos al casi extinguido *Abies nebrodensis*, al *Abies cephalonica* en Grecia –Peloponeso e isla de Cefalonia-, en las montañas del este del mar Negro al *Abies nordmanniana*, y al *Abies cilicica* en el sur de Turquía, Siria y Líbano.

Con una extensión de 420 hectáreas en la vertiente septentrional de la Sierra del Pinar, el pinsapar de Grazalema se desarrolla en las umbrías entre los 900 y 1.600 metros de altitud, si bien es entre los 1.100 y los 1.400 m donde se constituye en formación prácticamente monoespecífica y densa. Algunos ejemplares casi llegan hasta la línea de cumbres, mientras que en las partes bajas el quejigo y la encina irrumpen en competencia con el pinsapo. Requiere unas condiciones de alta pluviometría y puede soportar periodos de calor moderado, sequías estacionales y fuerte luminosidad, evidentes adaptaciones al clima mediterráneo. Se desarrolla sobre las calizas y margocalizas jurásicas de esta ladera de la Sierra, sobre muy fuertes pendientes. Las avalanchas de rocas, ya que esta vertiente está en gran parte cubierta por canchales activos que siguen incorporando bloques desprendidos de la zona de cumbres, son uno de sus enemigos naturales, dado que una de estas avalanchas puede llegar a arrancar un gran número de árboles.

El *Abies pinsapo* fue descrito para la ciencia por el botánico suizo Edmond Boissier en 1838. Los naturalistas ingleses Chapman y Buck, afincados en Andalucía, describen en 1910 el lamentable estado en que se encuentran los pinsapares andaluces, debido a su tala y al fuego. En 1930, Ceballos y Martín Bolaños –ingenieros del Instituto Forestal de Investigaciones y Experiencias- alertan sobre el estado de conservación del pinsapar de Grazalema. En 1972 el Estado adquiere el monte “Dehesa del Puerto y Hoyo del Pinar”, en los términos municipales de Grazalema y Zahara de la Sierra, con un núcleo de pinsapos de unas 280 hectáreas de superficie: se suspenden los aprovechamientos madereros, se acota el pinsapar al pastoreo y se inicia la práctica de una silvicultura preventiva de incendios. En 1977 el Comité MAB (Programa “Hombre y Biosfera”) de la UNESCO declara el pinsapar de la Sierra de Grazalema y su entorno como Reserva de la Biosfera. En 1984, con la creación del Parque Natural Sierra de Grazalema, a la zona del pinsapar se le asigna la categoría de “Área de Reserva”, correspondiente al máximo nivel de protección.

The background is a solid blue color with several large, overlapping, organic shapes in various shades of blue, creating a layered, abstract effect. The shapes are smooth and fluid, resembling water droplets or flowing liquid.

Capítulo 2

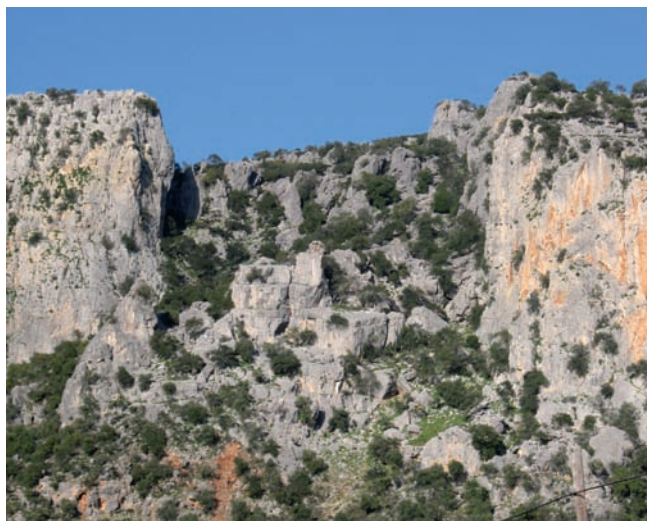
Agua y medio físico

La distribución y características de las distintas litologías, su grado de fracturación (fallas, fracturas, diaclasas) y tipo de plegamiento que las afecta, así como las relaciones entre los diferentes tipos de materiales, condiciona la presencia y el funcionamiento del agua subterránea y determina, en gran medida, el modelo de circulación del agua superficial.

En definitiva, las propiedades de las rocas y su situación espacial son producto de una larga evolución geológica que explica las particularidades de cada región y facilita la comprensión de los problemas hidrológicos y los detalles de su comportamiento.

Por otra parte, el modelado de las rocas determina el relieve y la arquitectura del paisaje que encontramos, siendo el armazón, a menudo visible, sobre el que los otros elementos paisajísticos –vegetación, agua, elementos artificiales- se organizan.

Esta base del paisaje es la resultante de las características litológicas y estructurales de los materiales presentes, así como de la acción del clima desde que las rocas han emergido en superficie y están, por tanto, sometidas a la dinámica atmosférica. Pero, además, la propia acción del clima a lo largo del tiempo –en nuestro caso, a través principalmente del agua- altera y meteoriza las rocas, con resultado desigual en función de sus propiedades originales y crea, a su vez, aspectos específicos en relación con la dinámica y distribución del agua en su seno.

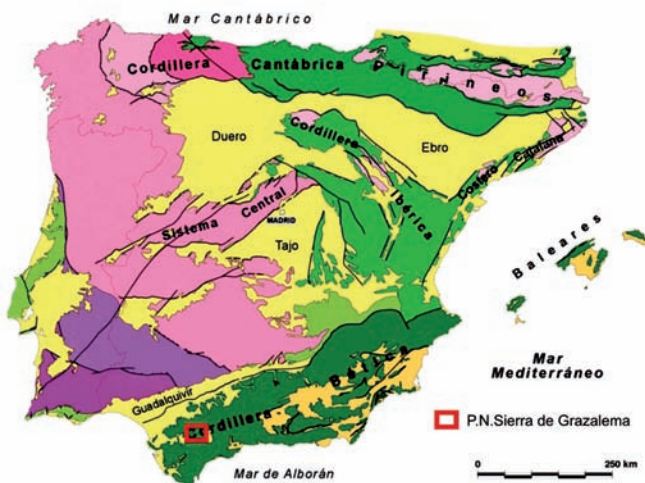


Relieve proporcionado por calizas jurásicas afectadas por fallas normales. Salto del Pollo, Ubrique

Rasgos geológicos

Los terrenos del Parque Natural Sierra de Grazalema pertenecen íntegramente a la Cordillera Bética, la gran unidad geológica y orográfica del sur y sureste de la Península Ibérica, situándose próximos a su extremo más occidental.

La Cordillera Bética comenzó a estructurarse como tal hace unos treinta millones de años, durante la orogenia alpina, con el acercamiento de una placa continental (Placa de Alborán) hacia el noroeste, hasta chocar con el borde sur del Macizo Ibérico (donde se sitúa actualmente Sierra Morena), que ya estaba emergido.

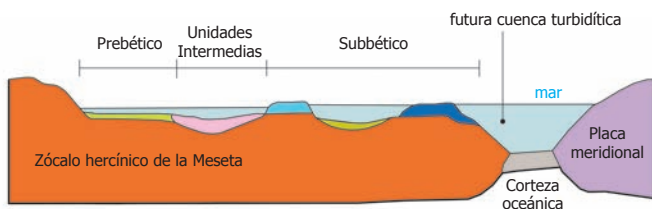


Situación del Parque en el contexto geológico de la Península Ibérica y de Andalucía

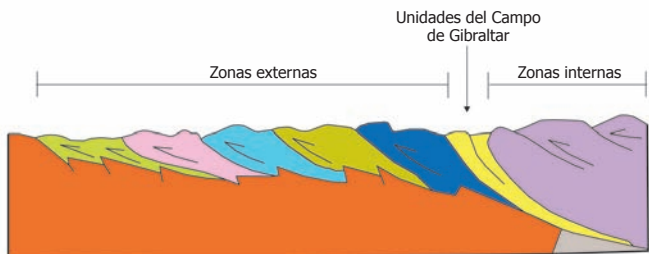
(Vera, 2004 y Consejería de Medio Ambiente de la Junta de Andalucía)

El viaje de esta placa arrastró consigo gran cantidad de sedimentos que posteriormente serían incorporados a la cadena. Estos sedimentos se habían depositado en un extenso mar situado al sur del Macizo Ibérico, dando lugar al dominio conocido como Zonas Externas. Las Zonas Internas, que ocupan actualmente gran parte de las alineaciones montañosas más próximas a la costa, proceden de la propia placa continental y están formadas por rocas más antiguas, muy deformadas y sometidas a metamorfismo. Entre ambos grandes dominios se localizan unas formaciones, denominadas Complejo de Flyschs o Unidades del Campo de Gibraltar, que se depositaron en la cuenca marina que separaba la placa continental (futuro origen de las Zonas Internas) de la plataforma marina en que se depositaron los materiales de las Zonas Externas. Los materiales de las Unidades del Campo de Gibraltar son de carácter turbidítico, formados por corrientes de turbidez y depositados en la zona más profunda de esa cuenca marina. Posteriormente, sufrieron un importante desplazamiento; sus afloramientos más extensos de se sitúan en las provincias de Málaga y, sobre todo, de Cádiz.

CUENCA BÉTICA EN EL JURÁSICO SUPERIOR
(hace unos 150 millones de años)

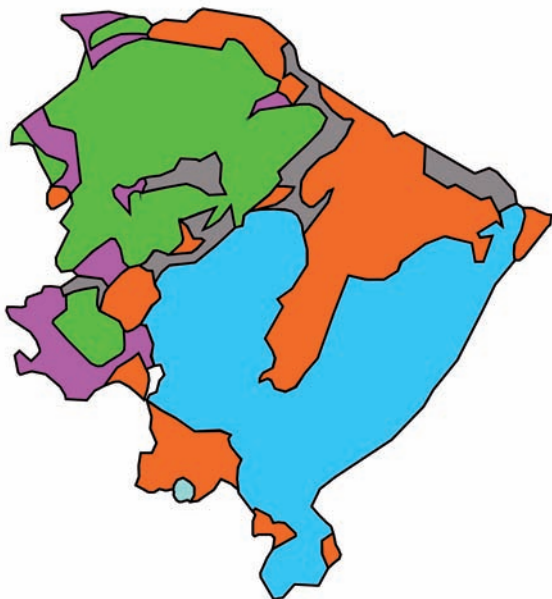


CORDILLERA BÉTICA EN EL MIOCENO INFERIOR
(hace unos 15 millones de años)



Dominios paleogeográficos béticos en el Jurásico superior y posición equivalente en la Cordillera (modificado y simplificado de Vera, 1988)

En el Parque Natural encontramos representados materiales de las Zonas Externas y de las Unidades del Campo de Gibraltar. Además, aunque sólo en su borde nororiental, aparecen materiales de una de las abundantes cuencas intramontañas a las que dio lugar la elevación de la cadena, la Depresión de Ronda, formada cuando aún la emersión era sólo parcial y quedaban zonas deprimidas, sumergidas bajo el mar.



- Terrenos postorogénicos (Mioceno de la Depresión de Ronda y depósitos cuaternarios)
- Subbético Medio
- Subbético Interno (Penibético)
- Complejo de Flysch (Unidades del Campo de Gibraltar)
- Triásico indiferenciado

Dominios paleogeográficos presentes en el Parque Natural

Las Zonas Externas, según su proximidad al continente (el Macizo Ibérico), se diferencian en Prebético y Subbético. Ambas quedan separadas por las llamadas Unidades o Dominio Intermedio, depositadas en un surco submarino profundo, que se interponía entre las áreas marinas donde se formaron los materiales del Prebético y Subbético. En el Subbético, la zona más alejada del borde continental, se distinguen de norte a sur el Subbético Externo, Medio e Interno (denominado Penibético en este sector occidental de la Cordillera). Mientras que el Subbético Externo e Interno se depositaron

en zonas marinas relativamente someras, el Subbético Medio se formó en otra zona profunda, que se hundía progresivamente.

Los subdominios paleogeográficos Subbético Medio e Interno son los únicos de las Zonas Externas presentes en el ámbito geográfico del Parque Natural.

El Subbético Medio se encuentra representado en las sierras Margarita, Labradillo, Zafalgar y zona montañosa del Cerro Albarracín, sierras de la Silla y del Pinar, así como en la prolongación de ésta hacia Monte Prieto. El Penibético ocupa la práctica totalidad de las sierras del macizo de Líbar (Mures, Montalate, de Juan Diego o Benaoján, Líbar y Mojón Alto, del Palo, Blanquilla y Sierra de los Pinos) y las del Endrinal, Caílo, Las Viñas y Ubrique. Ambos dominios subbéticos se apoyan sobre los materiales más antiguos existentes, correspondientes al Triásico, que presenta extensos afloramientos en la zona occidental y franja septentrional del Parque.



Afloramiento de arcillas con yesos del Triásico. Proximidades del río Tavizna

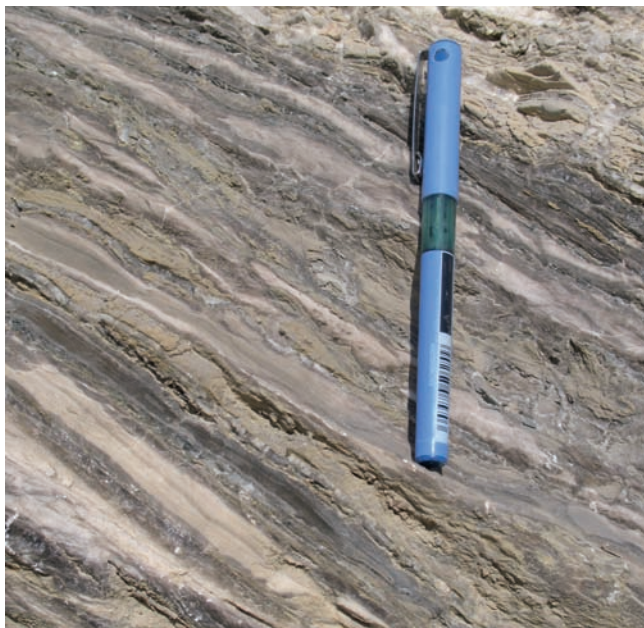
Las Unidades del Campo de Gibraltar se localizan en la Sierra de Peralto y, en general, rodeando las sierras del Penibético (macizo de Líbar y sierras del Caíllo, Endrinal y Ubrique).

Los terrenos más recientes, posteriores a la orogenia, están representados por los materiales correspondientes a la antes mencionada Depresión de Ronda y por las diferentes litologías, de origen continental, formadas a lo largo del Cuaternario.

La presencia de tan diversas unidades geológicas, diferentes según los ámbitos o dominios en que se han generado, ha dado lugar una gran variedad litológica.

El **Triásico** (depositado entre hace 230 y 195 millones de años) se caracteriza por una litología en que dominan las arcillas y arcillas-yesíferas de colores variados y llamativos (rojo, gris, verde).

Incluyen niveles o masas, a menudo aisladas, de yesos, calizas, areniscas, carniolas (roca carbonática, con oquedades y vacuolas) e incluso fragmentos de diverso tamaño de unas rocas ígneas de color oscuro, llamadas ofitas. Suele, además, presentar un relativamente alto contenido en halita o sal común.



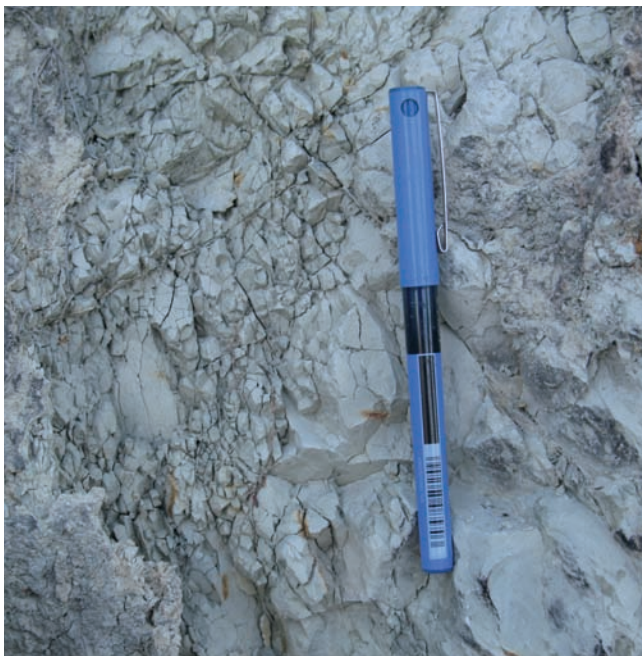
Niveles bandeados de yesos incluidos en el Triásico. Zahara de la Sierra



Dolomías brechoides, Jurásico inferior (Subbético Medio). Puerto de las Palomas

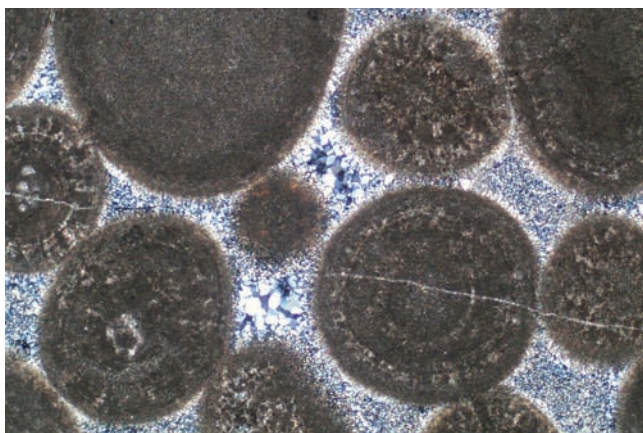
El **Subbético Medio** se caracteriza por un predominio de litologías de carácter margoso, especialmente a partir del Jurásico medio.

Está representado, en su inicio, por una secuencia carbonatada de edad Jurásico inferior-medio (entre hace 195 y 160 millones de años), formada por una base de dolomías y dolomías brechoides, a la que siguen calizas micríticas (constituidas por calcita microcristalina) y calizas estratificadas con sílex. Esta secuencia da paso a un conjunto de naturaleza margosa, formado por margocalizas y alternancias de calizas, margas y calizas margosas, que culmina con un nivel de calizas nodulosas rojas, con el que se inicia el Cretácico (periodo que abarca entre hace 140 y 65 millones de años). En el resto del Cretácico, aparecen margas y margocalizas blancas, margas azules y una alternancia turbidítica de calcarenitas (formadas por granos de naturaleza carbonatada) y margas. Acaba este subdominio con el depósito de una nueva secuencia turbidítica, formada por calcarenitas con intercalaciones de margas y calizas, del Paleoceno (entre 65 y 55 millones de años).

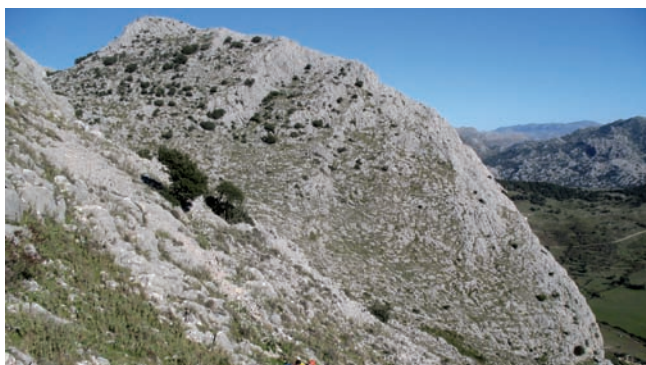


Margas, Cretácico superior (Subbético Medio). Carretera de El Bosque a Benamahoma

El **Penibético**, esencialmente calizo, está formado por una sucesión jurásica carbonatada, que comienza con dolomías y brechas calizo-dolomíticas, al que sigue un potente paquete, de entre 400 y más de 600 m, compuesto por distintos tipos de calizas, con frecuencia de aspecto masivo y homogéneo, aunque también llegan a aparecer bien estratificadas: calizas micríticas, calizas con sílex, calizas oolíticas (formada por oolitos, partículas esféricas inferiores a 2 milímetros con estructura interna radial o concéntrica) y calizas nodulosas y brechoides, que suelen coronar la serie jurásica. El Cretácico superior está representado por las denominadas "capas rojas", conjunto muy característico y fácilmente distinguible en el campo, formado por capas delgadas de margocalizas, margas, calizas y arcillas de tonos asalmonados, cuyo techo sobrepasa ampliamente el límite Cretácico-Terciario, llegando hasta el Eoceno (el final del Eoceno es de hace unos 40 millones de años) y con una potencia media de unos 250 m. Finaliza este subdominio con un flysch de areniscas y arcillas de, al menos, 100 m de espesor y de edad Oligoceno a Mioceno inferior (periodos que abarcan desde hace unos 40 millones de años, el comienzo del Oligoceno, hasta unos 15 millones del final del Mioceno inferior).



Calizas oolíticas del Jurásico (Penibético), vistas al microscopio. Sierra del Endrinal



Calizas jurásicas (Penibético), de aspecto masivo. Sierra del Caíllo

Bajo la denominación de **Complejo de Flyschs**, o **Unidades del Campo de Gibraltar**, se pueden incluir todas las series sedimentarias alternantes tipo flysch, desenraizadas o alóctonas respecto a su sustrato, que se han originado en el Cretácico y, sobre todo, entre el Eoceno (entre hace 55 y 40 millones de años) y el Mioceno inferior (que corresponde a entre 22 y 15 millones de años).

Se trata de materiales que incluyen diversos tipos de flyschs, o alternancias (de carácter areno-arcilloso en los flyschs cretácicos del Corredor del Boyar y de Ubrique, o formados por calizas y arcillas, por margas y arcillas o por margas y areniscas, en el caso de los flyschs terciarios), una unidad de arcillas de colores variados con abundantes bloques de litología, edad y procedencia muy variable (conocida como "formación de arcillas con bloques") y las denominadas are-

niscas del Aljibe. Las areniscas del Aljibe, cuya base está compuesta por una alternancia de arcillas y calizas detríticas, son un conjunto de gran potencia, superior a los 500 m, constituido por areniscas en gruesos bancos separados por pequeños niveles arcillosos. Son areniscas de color blanquecino y ocre-amarillento en corte fresco, a menudo con tintes rojizos debido a las oxidaciones del hierro, con muy alta proporción, incluso más del 90%, de cuarzo como mineral principal. Los granos están unidos por cemento silíceo. Es la formación más característica y fácilmente reconocible del Complejo del Campo de Gibraltar en el ámbito del Parque Natural.

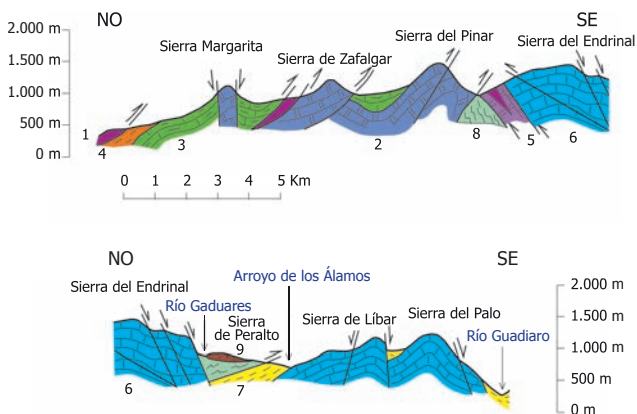


Areniscas del Aljibe, Mioceno inferior (Unidades del Campo de Gibraltar). Puerto de la Calerilla

Como resultado de la orogenia, todos estos materiales han sufrido importantes deformaciones y desplazamientos con respecto a su área de depósito.

El Subbético Medio parece estar deslizado sobre el Trías arcilloso y yesífero subyacente, aunque su relación es mucho más compleja, ya que aparece simultáneamente por encima y por debajo de él. En el interior del Subbético Medio, además, se han desarrollado cabalgamientos entre distintas unidades tectónicas, así como pliegues que responden a diferentes fases. El Penibético presenta una estructura algo más sencilla, en sucesivos pliegues anticlinales y sinclinales, aunque trastocados e interrumpidos por una posterior fracturación. En el pasillo de origen estructural conocido como Corredor del Boyar –que se extiende desde 1 km al noreste de la localidad de Grazalema hasta las proximidades del Salto del Cabrero, en un recorrido de unos 7 km-, el Penibético cabalga sobre dicho pasillo, al igual que lo hace el Subbético Medio. Las Unidades del Campo de Gibraltar cabalgan sobre el resto de

los dominios, con formaciones, como la de arcillas con bloques, de estructura mal definida, mientras que las areniscas del Aljibe y su flysch infrayacente forman un auténtico manto de corrimiento, con varias láminas cabalgantes en su interior que dan lugar a repeticiones en la serie.



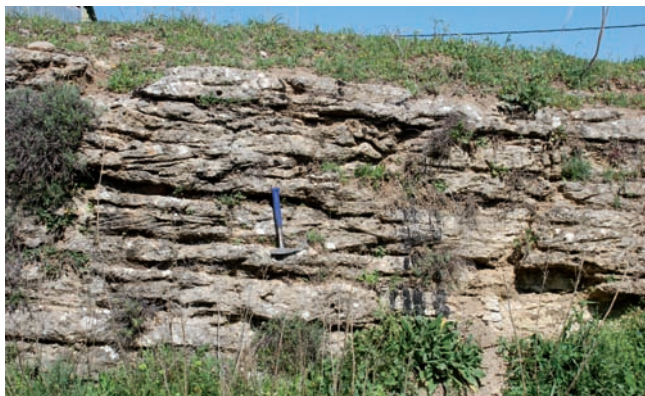
Corte geológico sintético a lo largo del Parque Natural (basado en cartografía geológica MAGNA 1:50.000, hojas 1036 y 1050, IGME, 1991).

1: Triásico. 2-4: Subbético Medio. 5-7: Subbético Interno. 8-9: Complejo de Flyschs (Unidades del Campo de Gibraltar).

1: Arcillas y brechas arcillo-yesíferas, con enclaves de areniscas, yesos, calizas, carniolas y ofitas (Triásico); 2: Dolomías y dolomías brechoides (Jurásico inferior); 3: Margocalizas y alternancias de calizas, margas y calizas margosas (Jurásico medio-superior); 4: Margas y margocalizas blancas y azules (Cretácico); 5: Dolomías y brechas calizo-dolomíticas (Jurásico inferior); 6: Calizas, calizas con sílex y calizas oolíticas (Jurásico); 7: Calizas margosas y margocalizas, capas rojas (Cretácico superior-Eoceno); 8: Flyschs arcillo-arenosos (Cretácico), flyschs margo-arcillosos y formación arcillas con bloques (Eoceno-Mioceno inferior); 9: Areniscas del Aljibe (Mioceno inferior)

Los **terrenos postorogénicos** son los correspondientes al Mioceno superior (depositados entre hace 15 y 5 millones de años) de la Depresión de Ronda y a los diferentes sedimentos del Cuaternario (entre 1,8 millones de años y la actualidad).

Los primeros están formados por conglomerados con cantos y cemento calizo; calcarenitas, areniscas y limos; y por arcillas, margas y limos, términos que presentan frecuentes cambios laterales entre ellos. Llegan a alcanzar más de 600 m de espesor. Los depósitos del Cuaternario son travertinos (caliza muy porosa, con textura en delgadas láminas, formada por precipitación a partir de aguas superficiales o subterráneas, a veces con abundantes impresiones de restos vegetales), depósitos de ladera (coluviales, canchales, depósitos de deslizamiento), suelos residuales y depósitos aluviales. Los depósitos cuaternarios son, en general, de escaso espesor y reducida extensión espacial.



Calcarenitas de la Depresión de Ronda, Mioceno. Sur del Puerto de Montejaque

Rasgos geomorfológicos

La morfología del conjunto del espacio natural se organiza a partir de la litología —que, como hemos visto, es de una gran variedad— y de la estructura geológica de estos materiales, producto de la propia evolución de la Cordillera Bética y de las respuestas que han mostrado las diferentes litologías a las deformaciones que han sufrido.

De esta forma, la evolución tectónica, que ha generado importantes desplazamientos de materiales desde su lugar de origen, así como su plegamiento y fracturación, junto a la presencia de dominios paleogeográficos muy diferentes en una zona relativamente reducida, ha llevado a la superposición de muy distintos elementos con una organización estructural propia y unas relaciones mutuas sumamente complejas.

Sobre esta base litológica y tectónica, la acción del agua ha modelado el conjunto en función de la resistencia de las distintas unidades geológicas, consecuencia de sus características composicionales y de su plegamiento y fracturación.

Esta acción del agua meteórica ha sido larga en el tiempo: basta pensar que, al final del Mioceno superior (hace unos 5 millones de años) ya estaban expuestos en superficie tanto los materiales de la Depresión de Ronda como los del conjunto montañoso de la Cordillera Bética, que empezaron a emerger a partir del Mioceno medio (hace unos 15 millones de años) como consecuencia de la orogenia alpina. De esta forma, a lo largo de un dilatado periodo de tiempo en que, además, se han sucedido importantes variaciones climáticas y un considerable ascenso de todo el conjunto respecto al nivel del mar, la acción del agua líquida, aunque también en forma

de hielo en las zonas más altas, especialmente en los periodos fríos- ha creado las peculiares morfologías que hoy contemplamos.

Los relieves abruptos se desarrollan sobre los materiales más resistentes proporcionados por las calizas y dolomías jurásicas, lo que indica el fuerte condicionamiento litológico.

En las sierras del Penibético las calizas alternan, en determinados emplazamientos, con otras rocas menos resistentes, como son las "capas rojas" del Cretácico – a veces, coincidentes con sinclinales o con zonas de fractura- lo que posibilita el desarrollo de áreas deprimidas. Hacia el norte y el oeste del Parque Natural, la presencia de materiales blandos, como las margas del Cretácico superior y las arcillas del Triásico, ha proporcionado los relieves menos acusados. De la misma forma los flyschs que rodean las sierras de Líbar, Endrinal, Caíllo y Ubrique dan lugar a zonas de topografía baja, o a relieves suaves cuando aparecen las areniscas del Aljibe, tal como ocurre en la Sierra de Peralto y en algunas otras elevaciones menores, como la Sierra de las Cumbres, que resaltan sobre la morfología alomada proporcionada por los materiales más blandos.



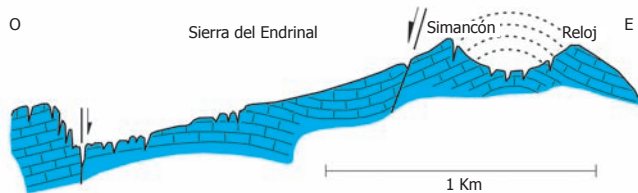
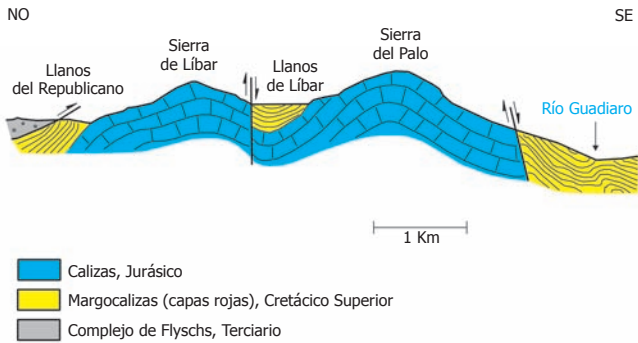
Contraste morfológico entre la Sierra de Peralto (en primer plano), formada por las areniscas del Aljibe, y los relieves calizos de la Sierra de Líbar, al fondo. Entre ambas, se aprecia la zona de los Llanos del Republicano

A pesar de su gran complejidad estructural, se puede reconocer la influencia de la estructura en la expresión morfológica, a muy diferentes escalas.

La Sierra del Pinar, techo del Parque Natural, es un anticlinorio (pliegue anticlinal, enmascarado por otros de menores dimensiones) con vergencia, o inclinación del plano axial del pliegue, al sur. La Sierra de la Silla es un gran sinclinal en el que, a su vez, las dolomías y calizas de los extremos del

pliegue están inclinadas hacia el interior del sinclinal, dando al conjunto una forma en silla de montar.

Las sierras del Penibético (Endrinal, Caíllo, Ubrique, Las Viñas y las del macizo de Líbar) están formadas por una sucesión de pliegues, unas veces suaves y otras muy apretados, con ejes de recorrido kilométrico y orientación variable, a menudo afectados por fallas, cabalgamientos y desgarres que trastocan las estructuras e individualizan bloques. El relieve a que da lugar este tipo de plegamiento se denomina conforme, ya que los anticlinales originan las elevaciones calcáreas principales, mientras que los sinclinales constituyen áreas topográficamente deprimidas, ocupadas en su núcleo por margas y margocalizas ("capas rojas"). Algunas de las fallas, producidas tras el plegamiento y que han originado movimientos en la vertical, proporcionan escalones en el relieve y plataformas elevadas calizas, en las que puede llegar a aparecer un relieve invertido, como ocurre en la Sierra del Endrinal, donde los suaves anticlinales han sido erosionados y su núcleo se corresponde con una zona topográficamente más baja, tal como se aprecia en el collado que separa las cimas del Simancón y del Reloj; otras veces estas fallas verticales dan lugar a bloques hundidos, o fosas, que facilitan igualmente la instalación en su seno de valles y corredores.



Arriba, relieve conforme (Martín Algarra, 1987)
Abajo, relieve invertido (Rodríguez Vidal et al., 1999)



Fallas normales, Salto del Cabrero. Sierra del Endrinal

Son muy comunes, de hecho, las grandes paredes calizas controladas por fallas normales, con planos casi verticales. Estos accidentes llegan a generar formas espectaculares, como ocurre en el Salto del Cabrero, en la zona occidental de la Sierra del Endrinal, a unos 3 km al norte de la población de Benaocaz. Aquí se han formado dos impresionantes paredes calizas, separadas por un pasillo de apenas un centenar de metros de anchura, que se corresponden con sendos planos de fallas. Un caso similar encontramos en la Sierra de Ubrique, al sur de esta localidad, en el lugar conocido como Salto del Pollo o fallas del Saltadero, en que se forma una gran entalladura provocada por estos accidentes tectónicos en el borde del frente calizo.

Las deformaciones de estos materiales han condicionado no sólo el propio modelado estructural, sino también el desarrollo de otros procesos y sistemas geomorfológicos, como el fluvial, gravitacional o el kárstico.

El Corredor del Boyar, formado a consecuencia de un importante desgarré, es un claro ejemplo de depresión de origen estructural. Es una zona alargada y estrecha, entre las sierras del Pinar y del Endrinal, que marca el límite entre el Subbético Medio y el Penibético. Incluye unidades muy diversas en procedencia y génesis, con formaciones plásticas y blandas (arcillas y yesos triásicos, flyschs cretácicos, materiales margo-arenosos del Cretácico y Terciario, etc.) y resistentes materiales calcáreos, del Jurásico al Paleoceno, que responden a una estructura en escamas (láminas sucesivas de materiales desplazados y apilados por cabalgamientos). La acción fluvial ha ejercido una profunda incisión en los materiales blandos, a través de las cabeceras del río Tavizna –la Garganta del Boyar–, que drena hacia el suroeste, y el Guadalete, que nace aquí mismo y drena inicialmente hacia el este. Otro caso muy claro de control estructural en el modelado fluvial es el del valle del río Guadiaro: la incisión, en este caso, se produce a favor del eje sinclinal desarrollado en las “capas rojas” del Cretácico-Terciario.



Marcada incisión del río Guadiaro a favor de un eje sinclinal. Proximidades de la Estación de Jímera de Líbar



Deslizamiento en margas cretácicas. Carretera de Prado del Rey a Zahara de la Sierra

El modelado gravitacional, caracterizado por depósitos que han sufrido muy escaso transporte, depende directamente del control estructural en un elevado número de situaciones. Los bloques desprendidos en el Salto del Cabrero, en las fallas del Saltadero de Ubrique o en el Cerro de Tavizna, en este caso por la intensa fracturación de la roca, ilustran perfectamente esta situación.

Asimismo, los canchales formados por grandes bloques, en las laderas de la Sierra del Pinar, son consecuencia de los desprendimientos rocosos a favor de las numerosas discontinuidades –diaclasas y planos de estratificación- existentes en sus paredones calcáreos. Otros ejemplos de modelado gravitacional, más dependientes de causas climáticas, son los derrubios de depósitos estratificados en la misma Sierra del Pinar, o los numerosos deslizamientos generados en las arcillas del Triásico, en los flyschs y en las formaciones arcillosas y margosas del Cretácico y Terciario, en los que el agua ha sido el factor desencadenante en litologías que son propicias a estos fenómenos. Los coluviones, ligados a procesos mixtos gravitacionales y de arroyada, situados al pie de numerosas laderas y formados por una matriz fina que engloba cantos angulosos de variado tamaño, son otras de las formas que caracterizan a las vertientes.



Modelado gravitacional: canchales al pie de la Sierra de Ubrique

Sin duda el modelado kárstico es el más característico y singular de los existentes en el Parque Natural y el principal exponente de la estrecha dependencia entre sustrato litológico y las formas propias de este modelado –ya que éstas se generan casi exclusivamente sobre determinadas litologías, como son las rocas calcáreas y los yesos-, así como del control estructural en el desarrollo de la morfología kárstica.

Sólo citaremos aquí -será abordado este tema con detalle en el capítulo 4, “El agua en el Parque”- que las formas de superficie más llamativas de este modelado kárstico, los poljes, están en su gran mayoría condicionados por grandes accidentes tectónicos.



Los relieves calizos presentan un importante desarrollo del modelado kárstico, especialmente en el Subbético Interno o Penibético
Arriba: Sierra del Endrinal
Abajo: Sierra de Líbar



Capítulo 3

Agua y biodiversidad

El agua es el elemento esencial para el desarrollo de la vida, dada la necesidad que de ella tienen tanto animales como plantas. Su disponibilidad condiciona, en gran medida, la composición y estructura de la vegetación y, por tanto, la de su fauna asociada.

Si bien existe una correlación entre la pluviosidad general y la presencia de comunidades vegetales, tal correspondencia es mucho más difícil de establecer a escala regional o local. La cantidad de agua utilizable por la vegetación depende no sólo del total de precipitaciones, sino también de la distribución de éstas a lo largo del año, así como del conjunto de condiciones ecológicas del territorio. La irregularidad de la precipitación, típica del clima mediterráneo y prácticamente nula en época estival, la desigual cantidad de lluvia caída en las distintas zonas del Parque Natural, los diferentes tipos de sustratos litológicos y edáficos existentes, la situación y características de la red de drenaje, así como los flujos de agua subterránea –cuyas salidas contribuyen a la alimentación de los cauces– determinan los tipos de vegetación existentes y su adaptación a muy diferentes condiciones hídricas.

Los rasgos mediterráneos del clima se manifiestan por las diversas estrategias de las que hacen uso las plantas para soportar la falta de agua en los rigurosos periodos estivales e, incluso, en las épocas de sequía.



Hoja de encina

Las encinas, bien adaptadas a suelos calizos que retienen poco agua, desarrollan hojas endurecidas por una capa, o cutícula, que las aísla del exterior para limitar la transpiración y conservar la humedad interior. Los pelos, como los que desarrolla el matagallo, son útiles para atrapar la humedad y retenerla en la superficie de hojas y tallos. En algunas plantas

las espinas son hojas transformadas que resultan eficaces para disminuir la transpiración, como ocurre en las aulagas. Otras plantas, como el tomillo y la lavanda, están recubiertas por una capa de aceites para disminuir la pérdida de agua.

Hay especies que tienen mayores requerimientos de humedad. Los pinsapos, como todos los abetos, son exigentes en este sentido. Necesitan precipitaciones superiores a los 1.000 mm anuales, aunque en su proceso de especiación han realizado adaptaciones al estiaje, tal como refleja la morfología de sus hojas. Este abeto ha logrado sobrevivir, y adaptarse, precisamente en la zona más lluviosa del Parque Natural: en la ladera septentrional de la Sierra del Pinar, lugar en que la lluvia orográfica y la alta humedad han permitido su subsistencia.

En otros emplazamientos la presencia de agua está garantizada durante todo el año, o en gran parte de él, tal como ocurre en fuentes, manantiales, ríos y algunos arroyos, que representan en cualquier caso anomalías hídricas positivas respecto al entorno inmediato que les rodea.

Estos lugares en que el agua tiene una presencia más o menos continua, o incluso permanente, presentan un alto rendimiento biológico, con una vegetación que crece de manera constante y alimenta a la fauna. Además, son lugares de elevada biodiversidad y elementos singulares del paisaje, en los que la abundancia vegetal y su permanencia a lo largo del año delatan por sí solos la presencia de agua. La existencia de comunidades vegetales fuertemente dependientes del agua contrasta intensamente con las comunidades vecinas, plenamente adaptadas a la sequía estival.

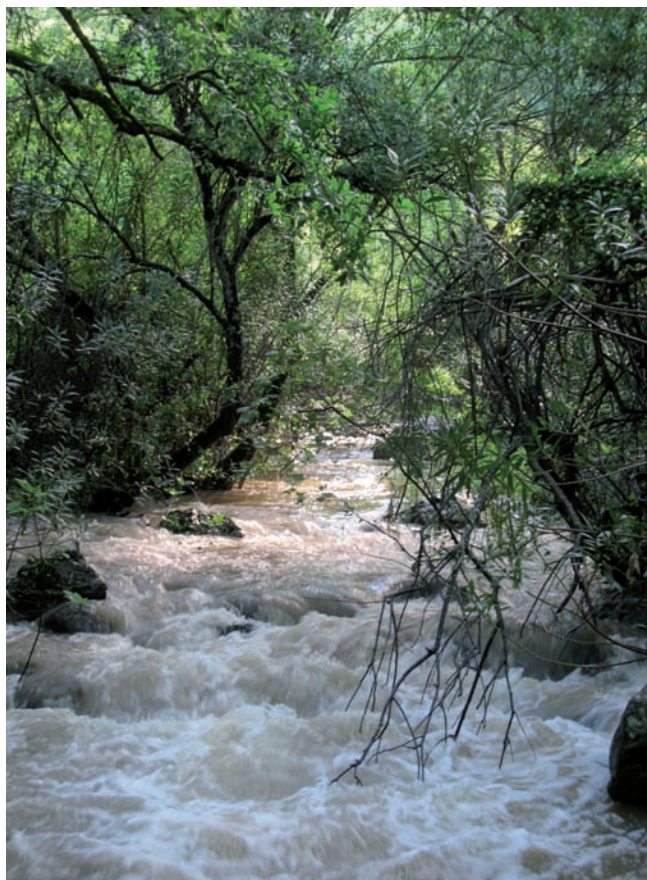


Herbales flotantes de berro de agua

Vegetación de ríos y riberas

Asociadas a los cauces permanentes o estacionales, aparecen formaciones vegetales muy diversas, tales como saucedas, choperas, fresnedas, adelfares, tarayales, cañaverales, zarzales, etc., que suelen encontrarse con un alto grado de cobertura de matorral y con un estrato arbóreo alto. En el Parque puede encontrarse una buena representación de este tipo de bosques de ribera en los ríos Majaceite, Tavizna, Guadiaro o en el arroyo Bocaleones, entre otros.

La vegetación de ribera se distribuye a modo de bandas paralelas al eje del cauce, en las que existe una sustitución progresiva de comunidades: desde las que se instalan en el agua hasta las que ya forman parte del hábitat netamente terrestre, pasando por las de orilla y lecho de inundación.



Bosque de galería, río Tavizna



Bosque de galería en el río Majaceite

El mayor o menor desarrollo y diferenciación de cada una de estas bandas y de las comunidades en ellas presentes depende de numerosos factores, entre los que figuran el régimen hidrológico de la corriente –velocidad, caudal, estacionalidad-, la posición del tramo fluvial –cabecera, curso medio o desembocadura- o las particulares condiciones edafológicas y geomorfológicas por las que discurre el cauce. Dado que los ríos y arroyos son, en definitiva, sistemas abiertos y cambiantes a lo largo de su curso, sometidos a las variaciones climáticas y a las características de la cuenca de drenaje, la vegetación también es un reflejo, en gran medida, de todas estas complejas interacciones.

En el dominio del cauce las especies vegetales más habituales son los herbazales flotantes de berro de agua y apio silvestre. También aparecen comunidades vegetales de plantas acuáticas sumergidas, constituidas por distintas especies

de los géneros *Zannichellia*, *Ranunculus*, *Lenna* o *Callitriche*, así como algas dulceacuícolas como *Chara vulgaris*, y distintos tipos de briófitos (como son los musgos y hepáticas) que a menudo colonizan piedras y otros sustratos sólidos del lecho.

La banda de vegetación de la orilla, que bordea el cauce y se presenta en contacto directo con el agua fluyente, está formada por especies de altos requerimientos hídricos, capaces de soportar además los efectos de las avenidas. Esta banda está dominada por arbustos flexibles y con gran capacidad de regeneración, tal como son los sauces arbustivos. Cuando la corriente es temporal son sustituidos por comunidades de adelfares. Los adelfares, muy comunes en todo el Parque Natural, pueden soportar aridez extrema si a cambio disponen de humedad freática o de algún periodo húmedo a lo largo del año. También llegan a vivir en cursos de caudal permanente y a asociarse con choperas y saucedas, siendo a veces el elemento más significativo de la comunidad riparia.



Adelfar en el río Guadiaro

La siguiente banda está formada por vegetación arbórea, que únicamente requiere que la capa freática se encuentre a una profundidad accesible, aunque sólo sea temporalmente, para que sus sistemas radiculares la alcancen. Álamos, fresnos y sauces llegan a formar un bosque de gran porte y cobertura, como los que aparecen en los ríos Guadiaro, Tavizna, Gaduares, Majaceite o en el arroyo de Gaidóvar.

Las agrupaciones de olmos se posicionan más alejadas del cauce en este esquema de zonación transversal, ya que son las comunidades riparias menos exigentes en humedad, situándose en contacto con la vegetación climatófila del entorno. Requieren de suelos profundos que son de alto valor agrícola; ello, unido a la infección provocada por la grafiosis,

ha hecho que sólo se encuentren algunos ejemplares aislados en los bosques de ribera del Parque, a veces integrados en la alameda o relegados a espacios muy concretos.

En general esta sucesión suele aparecer muy mezclada, desapareciendo o perdiendo importancia las comunidades más externas conforme se estrecha el cauce del río al discurrir en las zonas más montañosas. Entre las formaciones arbustivas que acompañan a los bosques de ribera, o que los sustituyen cuando se producen perturbaciones ecológicas, figuran los zarzales, juncales y herbazales. El zarzal, a menudo con madreSelva, forma una orla espinosa que constituye la primera etapa de degradación de estas formaciones boscosas. Los juncales ocupan zonas degradadas donde el agua se encharca de forma temporal. Los herbazales suelen presentarse en las zonas donde la alameda ha desaparecido. Son también frecuentes en los bosques de ribera las higueras, rosales y majuelos. Hay, además, plantas trepadoras que utilizan los árboles de la ribera para enredarse a ellos, como la hiedra, la zarzaparrilla, las madreSelvas o la nueza negra. Estas comunidades de plantas trepadoras, muy comunes en los bosques de ribera, son muy interesantes desde el punto de vista biológico, enriqueciendo aún más el bosque de galería, que aumenta así su diversidad específica y complica su estructura ecológica. Aunque no exclusiva de las riberas, es también frecuente la presencia de otras muchas plantas que requieren altos contenidos de humedad, como son los helechos, con ejemplares que pueden llegar a alcanzar un gran tamaño.



Helecho común (*Pteridium aquilinum*)

Vegetación de rezumes

Las pequeñas surgencias, incluso goteos, que manan de forma dispersa en taludes carbonatados generan zonas conocidas con el nombre de rezumes, habitualmente húmedas por el paso continuo de agua o por las salpicaduras que ésta produce en cascadas de ríos y arroyos. En los puntos en que ocurre este proceso se presentan comunidades vegetales exclusivas de este tipo de ambiente.



Pared cubierta de musgos y hepáticas principalmente. Travertino del molino del Susto, Benamahoma

Las comunidades más extendidas son las formadas por varias especies de musgos, fundamentalmente de los géneros *Cratoneuron* y *Eucladium*, que, junto al helecho *Selaginella denticulata*, en condiciones de humedad permanente llegan a formar auténticos tapices vegetales. En los mismos rezumaderos aparecen plantas vasculares, como el culantrillo de pozo o la doradilla, dos especies de helechos. Hay también multitud de organismos microscópicos, entre los que figuran cianobacterias y diatomeas.

El afloramiento a la atmósfera de aguas saturadas en carbonatos, en determinados emplazamientos, favorece la instalación de esta vegetación, que a su vez provoca que se formen precipitados de carbonato cálcico, origen de los travertinos, o tobas calcáreas.

En el Parque, aunque no existen grandes edificios travertínicos en formación, son relativamente frecuentes los rezumes en pequeñas surgencias laterales a cauces de ríos y arroyos que transcurren por rocas carbonatadas, o los que se producen en desniveles de cauces. El travertino en formación de mayor magnitud se encuentra en las proximidades de la localidad de Benamahoma.



Selaginella denticulata, junto con musgo y algunas herbáceas

Vegetación de manantiales y fuentes

En las surgencias naturales, se puede llegar a formar una cubeta o poza en la caída del agua, y un cauce por la que ésta discurre. En los bordes de la cubeta aparece vegetación helofítica o palustre, con la base de los tallos sumergida y que, incluso, soporta un cierto grado de inundación. Estas comunidades varían según la naturaleza del sustrato, el grado de eutrofia de las aguas y la movilidad de la masa de agua.

Son asiduos componentes de este tipo de vegetación el berro de agua, la violeta acuática y el apio, que con frecuencia aparecen acompañadas de diversas especies de gramíneas. En algunos manantiales se llegan a distinguir con relativa facilidad plantas acuáticas sumergidas en su fondo o en contacto con la lámina de agua, igual que las que se aprecian en tramos de cauces más alejados de surgencias.

En las fuentes, o en sus inmediaciones, es frecuente encontrar desde formaciones de berros y apio silvestre hasta juncales y zarzales, así como comunidades de rezumes en los huecos y paredes por donde sale el agua, como el culantrillo de pozo y distintos musgos.



Culantrillo de pozo (*Adiantum capillus-veneris*)

Muchos manantiales están acondicionados para su uso como fuentes, a menudo con piletas adosadas para ser utilizadas también como abrevaderos por el ganado. El quimismo del agua, su escasa velocidad de circulación, la profundidad de las piletas y la limpieza de su fondo con objetivo de mantenerlas limpias, son los principales aspectos que condicionan la vegetación que se instala en estos ambientes.

En las piletas se desarrollan con frecuencia masas del alga clorofita *Chara vulgaris*, que llega a formar densas poblaciones. Su carácter pionero le facilita ocupar en poco tiempo el fondo de los abrevaderos, al que se adhiere a través de las

ricinas que salen de la base de sus tallos. Se trata, además, de una especie productora de tobas o travertinos. Un buen ejemplo de esta situación se encuentra en la fuente del Tesorillo, al sur de la Sierra del Pinar y próxima al área recreativa de los Llanos del Campo.



Formación de travertinos en la fuente del Tesorillo, favorecida por la presencia de algas en la pileta

También son características de algunas fuentes y abrevaderos la formación de algas verdes flotantes, como las del género *Spirogyra*, que se suelen instalar cuando se eleva la temperatura en primavera y verano.

Fauna asociada a los hábitats acuáticos

Las zonas húmedas suponen un sustento vital para la fauna, que en estos hábitats encuentra, además de agua para beber, un lugar de refugio, descanso y alimentación. Los ríos y arroyos son utilizados por la fauna como áreas de dispersión, tratándose por tanto de ecosistemas con un destacadísimo papel como corredores ecológicos.

Las comunidades faunísticas que habitan los cauces y sus orillas, así como las que frecuentan las inmediaciones de las corrientes y láminas de agua, son extraordinariamente numerosas: bacterias, moluscos, invertebrados, anfibios, reptiles, peces, aves o incluso mamíferos. Las aguas corrientes acogen una abundante y diversificada comunidad bentónica, constituida por insectos, oligoquetos, crustáceos, arácnidos y gasterópodos, además de una microfauna representada por

protozoos ciliados, rotíferos y gastrotricos. La estructura de estas comunidades viene determinada en gran parte por el tipo de plantas acuáticas existentes y por las características del sustrato (arenoso, rocoso o cenagoso). Las piedras bañadas por una fina película de agua son abundantes en variados grupos de oligoquetos y larvas de insectos, entre los que destacan por su número los dípteros, odonatos y tricópteros. También entre las piedras se encuentran anélidos (como la sanguijuela), crustáceos e insectos.



Zapatero (*Guerris lacustris*), insecto que se desliza por la superficie del agua

Cada grupo faunístico ha desarrollado adaptaciones morfológicas y de comportamiento para poder resistir la corriente, ya que pocos grupos están en condiciones de adherirse al sustrato. La mayor parte de los macroinvertebrados tienden a evitar las corrientes fuertes, buscando lugares resguardados bajo las piedras. En lugares con poca corriente, se pueden encontrar algunas especies de anfípodos. Nematodos y crustáceos ostrácodos suelen vivir en la base de plantas acuáticas enraizadas, en donde también habita una gran variedad de fauna.



Caballito del diablo, insecto del orden *Odonata*, cuyas larvas habitan en fondos de charcas y riachuelos. Las formas adultas también buscan sus presas en los mismos ambientes húmedos

También hay numerosos vertebrados con distinto grado de vinculación con el medio acuático. Entre los anfibios, la salamandra común es la especie más representativa de estos hábitats acuáticos; aunque los adultos son terrestres, pueden verse desde el principio del otoño sus larvas en el agua. El tritón, el sapo común y la rana son otros anfibios que se encuentran con relativa frecuencia junto a arroyos, piletas de fuentes y manantiales. Algunos reptiles, aves y mamíferos aprovechan ocasionalmente los recursos y la cobertura vegetal que les proporcionan estos parajes. Entre ellos, merece

citarse la presencia de la culebra viperina y la culebra de collar, el mirlo acuático –muy ocasional, estrechamente asociado a cursos de agua en bosques de galería- o la lavandera cascadeña. En los ríos del Parque Natural hay que destacar, finalmente, la presencia de la nutria común.



Sapo común (*Bufo bufo*)



Salamandra común (*Salamandra salamandra*)



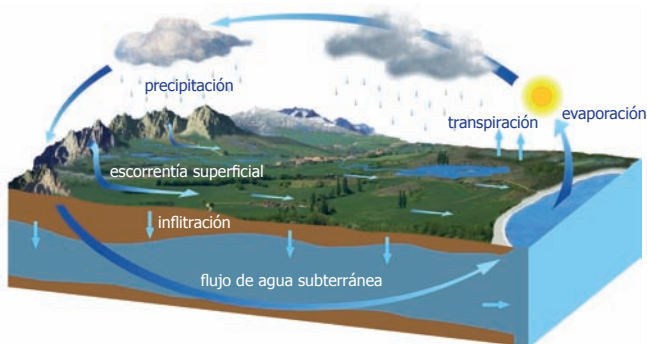
Capítulo 4

El agua en el Parque

El ciclo del agua

El agua es el componente más característico de nuestro planeta. La gran mayoría de la superficie de la Tierra, del orden del 70%, está ocupada por los océanos y mares, que suponen aproximadamente un volumen del 97,5% del agua existente en el planeta. Sólo un 2,5% se reparte en tierra firme entre glaciares y casquetes polares, ríos, lagos y aguas subterráneas.

A pesar de esta pequeña provisión de agua dulce, ésta se repone continuamente a través de la precipitación del vapor de agua de la atmósfera, en forma de lluvia o nieve. De hecho, el agua está en permanente movimiento gracias a la energía del Sol que permite elevar el agua mediante su evaporación, y a la gravedad, que hace que el agua precipite y, una vez en superficie, fluya hacia las zonas más bajas. Este movimiento, conocido como Ciclo Hidrológico o Ciclo del Agua, lleva consigo la transferencia de masas de agua de un lugar a otro y de un estado a otro.



Ciclo del agua

Podemos suponer que el ciclo se inicia con la evaporación del agua oceánica y de otras masas de agua continentales, cuya condensación da origen a las precipitaciones. Del agua que alcanza la superficie, una porción queda retenida en charcas o pequeñas depresiones, volviendo en su mayoría pronto a la atmósfera al evaporarse. Otra parte, sin embargo, circula a través de arroyos y ríos, la escorrentía superficial, que a su vez irá a parar a lagos o al mar, desde donde se evaporará nuevamente. Hay una última porción que se infiltra bajo la superficie del terreno. Este agua subterránea puede llegar a salir a superficie alimentando de nuevo la escorrentía superficial, al fluir directamente a los ríos o a través de manantiales.

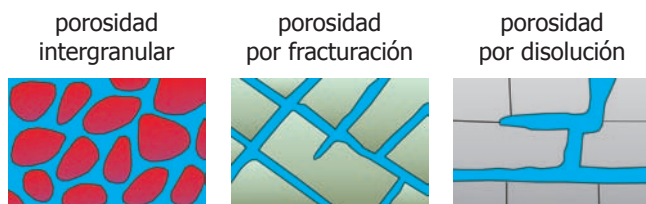
De esta forma, la gran mayoría de escorrentía superficial

y subterránea termina en el mar, punto del ciclo en el que vuelve a evaporarse el agua e iniciarse todo el proceso.

Acuíferos

El agua infiltrada en el subsuelo se acumula a favor de los poros y fisuras de los materiales que, por su naturaleza, tienen capacidad de almacenarla y transmitirla. Estas formaciones geológicas que contienen agua y por las que ésta puede fluir son las que se denominan acuíferos. Son rocas o sedimentos en las que el agua es susceptible de ser extraída mediante obras de captación (pozos, sondeos o galerías).

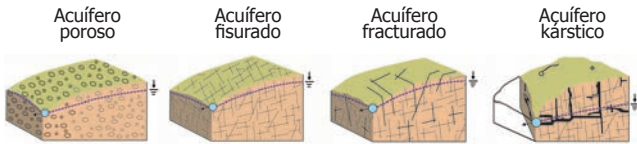
Hay formaciones, sin embargo, que ni almacenan ni transmiten agua: son los acuífugos. Otras rocas pueden almacenar agua, pero no transmitirla para ser aprovechada, aunque estén completamente empapadas, como ocurre con las arcillas: son los acuicludos. Algunas rocas constituyen acuíferos pobres que, aunque pueden almacenar y transmitir el agua, no lo hacen en cantidad suficiente: se denominan acuitardos.



Principales tipos de porosidad

En los materiales con estructura granular, poco o nada cementados (gravas, arenas, algunas areniscas) la capacidad de contener agua es función del porcentaje de huecos disponible para el flujo entre sus partículas. Estos materiales dan lugar a los denominados acuíferos detríticos o porosos. Las rocas compactas y de baja porosidad, como las areniscas cementadas, los granitos o las cuarcitas, suelen ser muy poco permeables, pero si están fracturadas el agua puede ocupar los huecos originados por las fracturas y dar lugar a acuíferos. En función del mayor o menor desarrollo de la red de fracturas hablaríamos de acuíferos fracturados o fisurados. Algo similar ocurre en las formaciones carbonáticas (calizas y dolomías, algunas margas calcáreas); en estas rocas, sin embargo, puede llegar a producirse una intensa disolución a

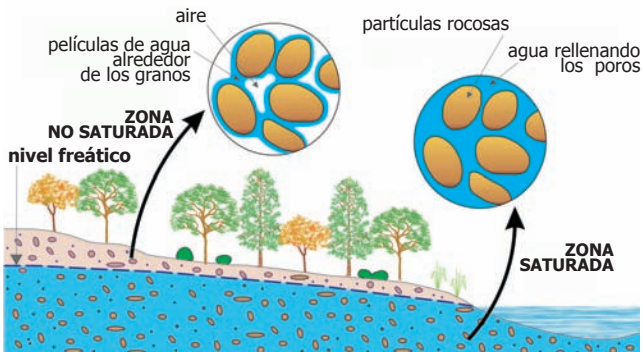
lo largo del tiempo, que va ampliando las fracturas y formando una red de conductos jerarquizada, dando origen a otro tipo de acuíferos, los acuíferos kársticos.



Tipos de acuíferos, de menos a más heterogéneos
(modificado de Machard de Gramont, 2008)

La capacidad de los materiales del subsuelo para almacenar y transmitir el agua depende de su porosidad y permeabilidad, es decir, de las dimensiones de sus poros y fracturas y de la interconexión y continuidad entre ellos, aspectos que están condicionados por su textura (tamaño de grano, clasificación, forma y empaquetamiento de los componentes de la roca o sedimento) y por su estructura (disposición y características geométricas de los elementos que forman la roca, tanto de origen sedimentario como tectónico). Estas propiedades son muy distintas entre los diferentes tipos de rocas y entre las diferentes partes de un mismo tipo de rocas, ya que éstas no son absolutamente homogéneas. Por ello, algunas formaciones geológicas presentan una permeabilidad muy variable.

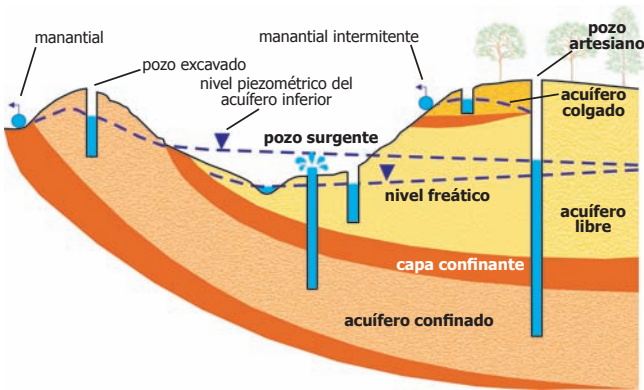
En la zona más superficial del terreno queda retenida una cierta cantidad de agua de precipitación, variable según la época del año, que permite el sustento de las plantas y el desarrollo de la fauna asociada a ellas: es la zona no saturada o zona de infiltración, en la que aún puede producirse evapo-



Zonas saturada y no saturada, o de infiltración, de un acuífero
(basado en US Geological Survey, 2001 y en UK Groundwater Forum, 2004)

ración. A partir de cierta profundidad, variable de acuerdo con la naturaleza del terreno, todos los poros, grietas u oquedades están rellenos de agua: se trata de la zona saturada. En la zona saturada el agua se desplaza generalmente muy próxima a la horizontal, hasta que alcanza el exterior, sea por un manantial o por su incorporación a la red fluvial, a un pozo de bombeo, a los lagos o al propio mar.

No sólo se diferencian los acuíferos en función de sus características litológicas y tipo de permeabilidad dominante, sino también de acuerdo con la presión hidrostática del agua que encierran. Un acuífero es libre cuando el límite superior de su masa de agua está en contacto con el aire de la zona no saturada y, por tanto, a la misma presión que la atmosférica.



Acuífero libre y confinado
(Brassington, 1995)

rica. Se habla de acuíferos cautivos o confinados cuando el agua que contienen está a mayor presión que la atmosférica, debido a su sellado por materiales impermeables que los aíslan de la superficie. El nivel piezométrico, formado por los puntos en que la presión del agua es igual a la atmosférica, se corresponde en los acuíferos libres con el límite superior de la zona saturada, denominándose en este caso particular nivel freático. Por el contrario, en los acuíferos confinados el nivel piezométrico es una línea imaginaria que está por encima del propio acuífero. En los acuíferos confinados, por esta razón, las perforaciones que atraviesan su techo muestran un ascenso rápido del nivel de agua hasta estabilizarse en una posición, que corresponde al nivel piezométrico del acuífero en ese punto. Si la boca del pozo está situada por debajo del nivel piezométrico, tendremos un pozo surgente o artesiano, en los que el agua brota de manera natural por la boca del pozo o sondeo una vez realizada la perforación.

El nivel piezométrico fluctúa en función de la alimentación por infiltración, de sus descargas por manantiales o a otros acuíferos y de las extracciones realizadas a través de captaciones.



Piezómetro para control del nivel de agua subterránea. Los Llanos del Campo

Manantiales

Un manantial es una surgencia natural de agua subterránea. Se generan cuando el nivel piezométrico de un acuífero intersecta con la superficie topográfica, convirtiéndose de esta forma el agua subterránea en superficial. El término manantial presenta numerosas sinónimos, como nacimiento, surgencia, manadero o venero. Muy a menudo se utiliza el de fuente, que también designa la obra hecha de muy diferentes materiales que sirve para distribuir el agua o que salga a través de los caños dispuestos en ella.

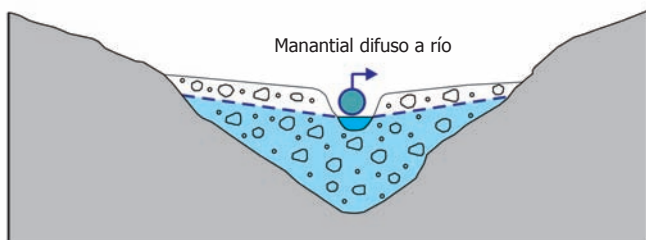
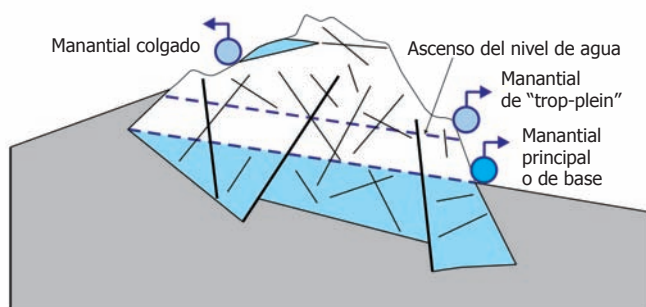
En función del modo de salida del agua, los manantiales se pueden diferenciar en puntuales, difusos u ocultos. Los puntuales tienen una surgencia concentrada y claramente localizada en un punto. Los difusos representan un conjunto de salidas próximas entre ellas. Los manantiales ocultos se producen cuando la descarga se realiza al cauce de un río o a zonas húmedas a las que alimentan.





El funcionamiento de un manantial está condicionado por el tipo de acuífero que desagua. Los acuíferos detríticos son sistemas de alta inercia, en los que el flujo del agua es lento: sus manantiales tienen variaciones amortiguadas de caudal, en los que se aprecian importantes desfases temporales entre los eventos lluviosos y las puntas de caudal, debido a la baja velocidad de circulación del agua en su seno.

En los acuíferos fracturados y fisurados, los manantiales están habitualmente ligados a vías preferenciales de flujo,

como son las fracturas y diaclasas. En los fisurados, en que la red de fracturas está poco desarrollada, dan lugar a caudales reducidos, mientras que en los fracturados estas discontinuidades dan al acuífero una permeabilidad más elevada, con manantiales de mayor caudal. Los acuíferos kársticos son sistemas de baja inercia: experimentan rápidas crecidas de caudal y rápidos agotamientos; suelen ser manantiales puntuales y de gran espectacularidad.

Un tipo singular de manantiales asociados a acuíferos kársticos es el denominado "trop plein" (textualmente, demasiado lleno). Se producen cuando un ascenso del nivel freático, por episodios muy lluviosos, habilita conductos inactivos situados a mayor cota que el manantial principal, incapaz de aliviar el caudal circulante. Popularmente se dice que el manantial en ese momento reventó.

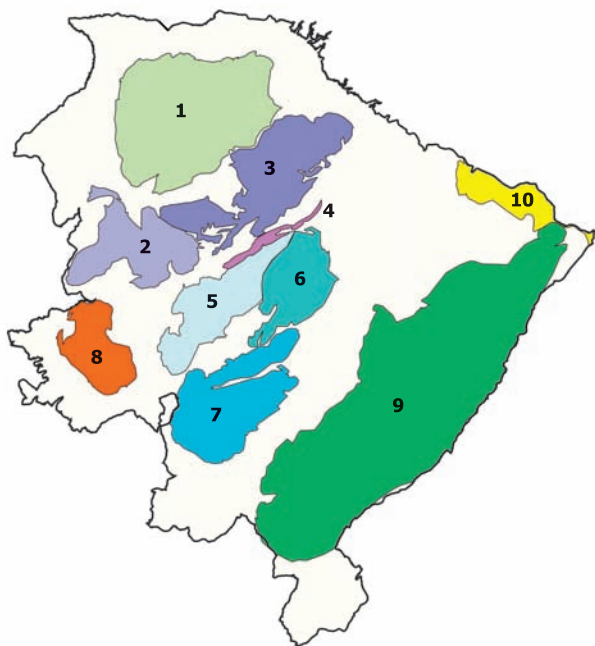


-  Roca permeable por karstificación
-  Roca permeable por porosidad
-  Roca impermeable
-  Roca permeable saturada de agua

Tipos de manantiales
Arriba, en acuíferos kársticos
Abajo, en acuíferos detríticos
 (modificado de L. Sánchez, 2008)

Comportamiento hidrogeológico de los distintos materiales presentes en el Parque

Desde el punto de vista hidrogeológico, los materiales presentes en el Parque Natural pueden ser catalogados como permeables, semipermeables o impermeables. Las litologías permeables están representadas por formaciones carbonatadas, así como por rocas detríticas poco consolidadas. Las primeras se corresponden, fundamentalmente, con los materiales jurásicos de los Dominios Subbético Medio e Interno. Las formaciones detríticas coinciden con depósitos cuaternarios, de muy reducido interés como acuíferos, y con los conglomerados y calcarenitas de la Depresión de Ronda. Se consideran acuíferos, por tanto, los macizos carbonatados del Subbético Medio y Penibético, así como los materiales de la Depresión de Ronda.



Acuíferos en el Parque Natural

- 1: Zafalgar-Labradillo
- 2: El Bosque
- 3: Pinar-Monte Prieto
- 4: Escamas del Corredor del Boyar
- 5: Hondón
- 6: Endrinal
- 7: Ubrique
- 8: Sierra de Silla
- 9: Líbar
- 10: Depresión de Ronda

Los principales materiales semipermeables, que dan lugar a acuitardos, son las "capas rojas" del Cretácico superior-Eoceno y las Areniscas del Aljibe. Las "capas rojas" se localizan a techo de las formaciones permeables jurásicas del Subbético Interno. La presencia en ellas de abundantes niveles margosos inhibe su disolución –actuando, a veces, como límite impermeable de algunos acuíferos-, pero dado su carácter litológico mixto, de tipo margocalizo, unido a su elevada fisuración y fracturación, permite que se desarrollen en su seno conductos de conexión hidrogeológica con las rocas carbonatadas jurásicas infrayacentes.



Pozo en margocalizas (capas rojas). Polje de Líbar

Las Areniscas del Aljibe aparecen en contacto mecánico con casi todos los materiales que forman parte de la Cordillera. Aunque su porosidad intergranular es muy baja, ya que sus granos están unidos por un cemento silíceo, han desarrollado una cierta permeabilidad por fisuración de la roca, lo que permite almacenar y transmitir lentamente el agua en su interior. Es importante señalar que en las Areniscas del Aljibe aparecen niveles intercalados de arcillas, por lo que tienen un comportamiento en conjunto heterogéneo, de acuífero multicapa, en que los niveles permeables que proporcionan las areniscas serán de mayor o menor interés hidrogeológico en función de los espesores continuos de esos paquetes de areniscas.

El resto de materiales pueden ser considerados, en general, como impermeables, o de muy bajo interés como acuíferos. Las arcillas triásicas, los materiales del Complejo de Flyschs (a excepción de las Areniscas del Aljibe) y las margas cretácicas del Subbético Medio son las formaciones impermeables que presentan mayor extensión en el Parque.

En detalle, sin embargo, hay numerosas particularidades que modifican este esquema. Las arcillas del Trías engloban enclaves de rocas permeables, como areniscas, calizas y dolomías que, en determinadas situaciones, permiten el almacenamiento y circulación de agua, tal como ocurre en el afloramiento carbonatado sobre el que se sitúa Zahara de la Sierra. Estas mismas arcillas contienen niveles de muy alta solubilidad, como son los yesos y, sobre todo, la sal común, cuya disolución llega a dar lugar a manantiales que han sido objeto de aprovechamiento salinero. Las salinas de Ventas Nuevas, hoy desaparecidas por el embalse de Zahara-El Gator, o las que aún siguen en producción, como las de Raimundo y de Hortales –fuera del Parque, aunque próximas a su límite occidental- son excelentes ejemplos de salinas alimentadas por manantiales desarrollados en estos materiales.

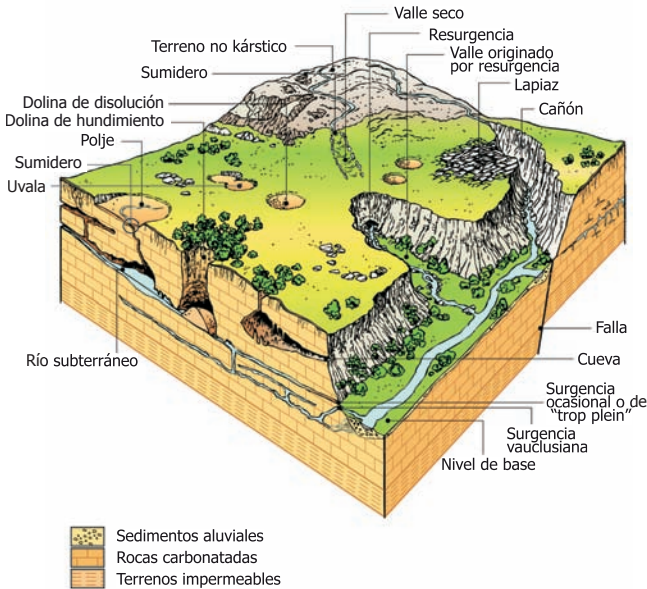
La formación de arcillas con bloques de las Unidades del Campo de Gibraltar tiene también un comportamiento impermeable, pero incluye enclaves de otros materiales, entre los que destacan por su elevada permeabilidad las calizas paleocenas localizadas al este del río Gaidóvar.



Manantial salino. Salinas de Raimundo

Morfología kárstica

El karst es un paisaje resultante de un mecanismo particular de erosión, denominado karstificación. Aunque se desarrolla en otros tipos de litologías, como los yesos y la sal común, los efectos de la karstificación son ampliamente frecuentes en rocas calcáreas, como las dolomías y, sobre todo, las calizas. El modelado resultante se manifiesta por pequeñas formas esculpidas en la superficie de la roca, una abundante presencia de depresiones cerradas, un drenaje superficial desorganizado y la formación de un espacio subterráneo del que forman parte las cuevas y simas penetrables por el hombre.



Elementos de un paisaje kárstico (Bakalowicz, 1999)

La **karstificación** es el proceso de disolución de rocas solubles (calizas, dolomías, yesos, sal común) a través del agua que se infiltra en ellas.

El agua adquiere la acidez necesaria para disolverlas al combinarse con el dióxido de carbono (CO_2), gas presente en la atmósfera y producido en los suelos por la vegetación y las colonias bacterianas. Al combinarse con el agua, el dióxido de carbono se transforma en ácido carbónico (CO_3H_2), lo que constituye el propulsor de la disolución de las rocas carbonáticas y, por tanto, de la generación del karst. La entrada de agua en la roca se posibilita gracias a la existencia de diaclasas, fracturas y otras discontinuidades. Este proceso, a

lo largo del tiempo, da origen a numerosas formas superficiales y subterráneas, características de este peculiar medio.



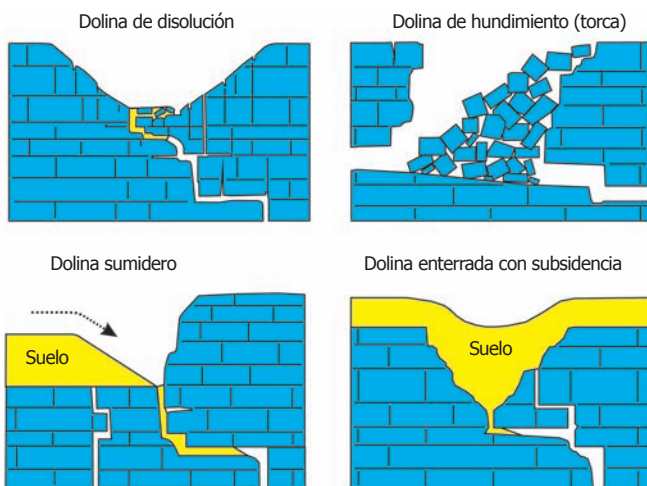
Lapiaz en regueros con cresta agudas. Sierra del Endrinal

El modelado kárstico en el Parque Natural se ha desarrollado de forma espectacular en las calizas jurásicas de las sierras y macizos del Penibético: sierras de Ubrique y Las Viñas, Caílo, Endrinal y en las sierras del macizo de Líbar. Por el contrario, las sierras de naturaleza carbonática del Subbético Medio (Labradillo, Zafalgar, Albarracín, La Silla, El Pinar y Monte Prieto) son pobres en modelado kárstico, por la mayor presencia en ellas de rocas de menor solubilidad, como son las dolomías y las calizas margosas.

Las superficies calcáreas están cinceladas por pequeños surcos y oquedades, denominadas **lapiaz**. Los lapiaces se presentan en prácticamente todos los afloramientos de calizas jurásicas del Penibético. Alcanzan un gran desarrollo en las laderas expuestas a vientos húmedos de poniente, especialmente en las cumbres de las sierras.

Las **dolinas** son depresiones cerradas, con forma circular o elipsoidal, de dimensiones en superficie moderadas y profundidades que oscilan entre unos pocos metros y más de 100. A veces aparecen aisladas, aunque es frecuente que se extiendan por amplias superficies horizontales. Existen numerosos tipos. Las dolinas de disolución se forman al penetrar el agua por las fracturas y planos de estratificación, lo que trae consigo un asentamiento y descenso de la superficie. A menudo, dan lugar a morfologías en embudo y suelen presentar en su fondo residuos de la disolución de la roca carbonática, las arcillas de descalcificación, así como material transportado a la depresión. Las dolinas de colapso se generan por el

hundimiento de la roca debido al desarrollo de galerías de disolución próximas a la superficie. Suelen presentar paredes verticales y reciben comúnmente el nombre de simas. Un tipo particular son las dolinas-sumidero, que son puntos de entrada de cursos de agua superficiales hacia el interior del macizo kárstico. Las dolinas enterradas con subsidencia, equivalentes a las dolinas aluviales, se originan cuando la disolución se produce por debajo de una cobertera de suelo o material suelto, a través de la cual el agua se infiltra y produce la disolución en la roca. Esta cubierta puede llegar a adaptarse a la morfología infrayacente, dando lugar a formas muy suavizadas, de escasa profundidad.



Tipos de dolinas

(basado en Waltham y Fookes, 2003 y en Jennings, 1985)

Son muy abundantes las dolinas en todas las sierras calizas del Penibético, tanto de disolución como de colapso. Aparecen agrupadas en campos de pequeñas dolinas, como ocurre en la Sierra del Endrinal, o aisladas. Menos frecuentes son las dolinas aluviales, que se encuentran en el valle del río Gadares, junto a la presa de Montejaque. Las dolinas-sumidero, ligadas a poljes y grandes depresiones, tienen muy buenos ejemplos en las simas de Villaluenga (Sierra de Las Viñas) y del Republicano (Sierra de Líbar). Un caso aún más llamativo de este tipo de dolinas-sumidero es el de la sima de Hundidero, en el extremo nororiental del macizo de Líbar, donde el río Gadares penetra en el macizo rocoso a través de un impresionante pórtico calizo de casi 100 m de altura.



Dolina de disolución con fondo plano. Sierra del Endrinal

Los **poljes** son las mayores depresiones cerradas de los paisajes kársticos. Su tamaño es del orden kilométrico y se caracterizan por presentar un fondo plano y bordes abruptos.

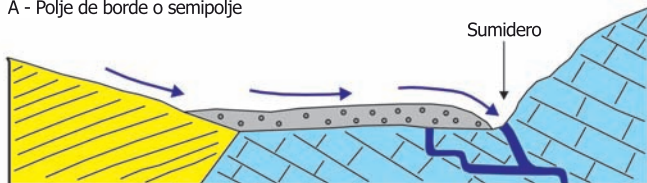
Habitualmente, se presentan alargados según la estructura de las rocas en las que se emplazan, poniendo de manifiesto un claro control tectónico en su emplazamiento. Su génesis está relacionada con el rebajamiento de la superficie del terreno por disolución superficial, controlada por la posición del nivel freático. Aunque algunos poljes permanecen secos, otros se llegan a inundar, por escorrentía superficial, por surgencias situadas en sus bordes o por ascenso del nivel freático. Su desagüe se produce a través de sumideros, que drenan de forma subterránea el agua acumulada. A veces, sobre sus fondos, destacan pequeñas colinas conocidos como hums, restos rocosos que no han sufrido aplanamiento. Existen numerosos tipos de poljes, aunque se pueden agrupar en tres tipos básicos. En los poljes de borde, o semipoljes, uno de sus bordes se emplaza sobre rocas no karstificables. Los poljes estructurales están asociados a fosas o semifosas tectónicas. Los poljes de nivel de base están dominados por

el nivel freático y se encuentran donde éste intersecta con la superficie del terreno.

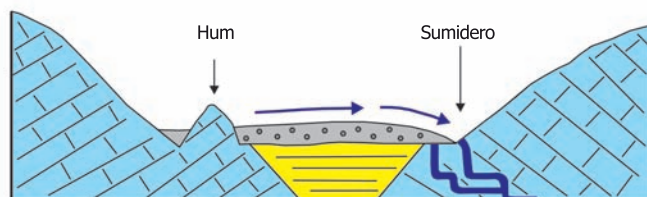
Los poljes son las formas más características y singulares de las sierras kársticas del Parque Natural. Se han identificado 7 poljes: Llanos del Endrinal, Llanos del Republicano, Zurraque, Burfo, Pozuelo, Llanos de Líbar y polje de Benaoján. A ellos hay que añadir dos grandes depresiones que no son estrictamente poljes: la del Navazo Hondo, en la Sierra del Caíllo, y la Manga de Villaluenga, esta última constituida por varias depresiones cerradas y escalonadas, que forman un estrecho corredor y, en conjunto, dan lugar a una cuenca endorreica.

Todos los poljes, así como la Manga de Villaluenga, presentan un claro condicionamiento estructural y, salvo el polje del Endrinal, son fosas o semifosas tectónicas recientes, por lo que responden al modelo de poljes estructurales. El de

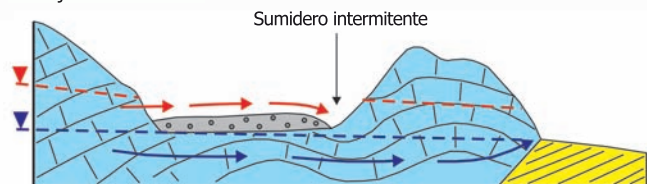
A - Polje de borde o semipolje



B - Polje estructural



C - Polje de nivel de base



Depósitos fluviales



Capas impermeables



Calizas



Nivel freático alto



Nivel freático bajo



Flujo permanente



Flujo intermitente

Tipos de poljes (modificado de Ford y Williams, 1989)

los Llanos del Republicano es, además, un semipolje, cuyo borde occidental se localiza en los materiales del Complejo de Flyschs del Campo de Gibraltar. No obstante, la génesis y evolución de todos ellos también hay que buscarla en el descenso del nivel de base de la karstificación, debido a la elevación del macizo montañoso.



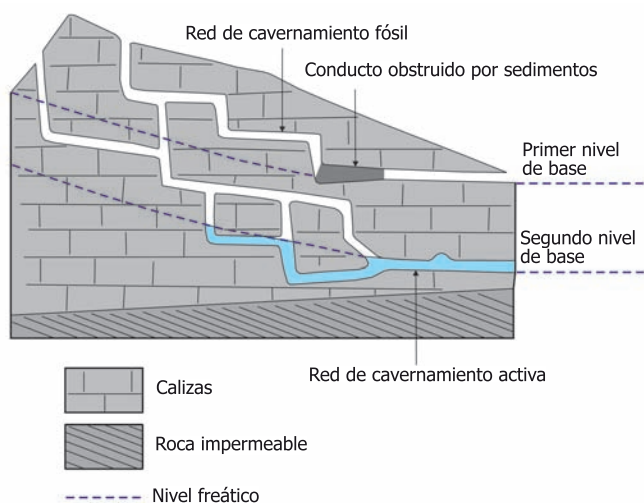
Polje del Pozuelo

El **karst subterráneo**, o **endokarst**, es consecuencia de la disolución de los macizos carbonáticos en su interior, a través de su red de fisuras, fracturas y planos de estratificación. El resultado es la aparición de conductos y huecos que, cuando son penetrables por el hombre, reciben el nombre de cuevas –de desarrollo preferentemente horizontal- o simas, cuando predomina la componente vertical.

El cavernamiento, en cualquier caso, da lugar a una red tridimensional regida en gran parte por la estructura del macizo, la posición del nivel freático y sus variaciones a lo largo del tiempo. En esa red, en la que se generan conductos intercomunicados tanto de predominio vertical como de desarrollo horizontal, la reducción en el tamaño de los conductos, o su obstrucción por sedimentos, impide a menudo su exploración completa.

En las cavidades se produce, tal como se acaba de apuntar, una importante sedimentación. Estos sedimentos, tanto

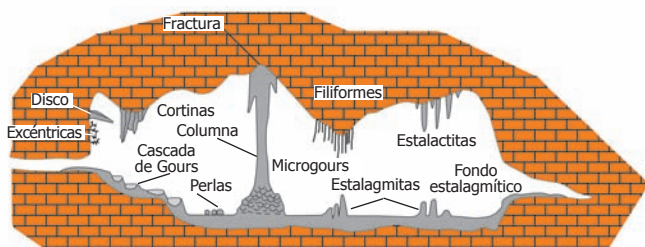
de carácter detrítico –arcillas, limos, a veces arenas y gravas– como litoquímicos, tal como son los espeleotemas, pueden aportar una valiosísima información sobre la evolución del karst y las condiciones ambientales que hubo en pasadas épocas. Los sedimentos de carácter detrítico pueden ser de origen gravitacional (colapsos de la propia cavidad o desprendimientos de fragmentos rocosos del techo y paredes) o, más frecuentemente, transportados desde fuera de la cavidad al interior por el agua. En este caso, se generan estructuras y depósitos similares a los de los ambientes fluviales de superficie, aunque más complejos por las particularidades del medio subterráneo.



Redes de cavernamiento fósil y activa, como consecuencia del descenso del nivel de base

Los espeleotemas son depósitos de precipitación química producidos en el interior de las cavidades, por goteo o por flujo laminar de aguas cargadas en carbonato cálcico. Estalactitas, estalagmitas, cortinas o banderas, gours, excéntricas y perlas de caverna son algunos de los tipos de precipitados que se presentan en las cavidades.

El Parque Natural presenta una extraordinaria riqueza en número, tamaño y variedad de cavidades. Las concentraciones más numerosas se localizan en el macizo de Líbar y en las sierras del Caíllo y del Endrinal. El sistema Hundidero-Gato, al norte del macizo de Líbar y con casi 8 kilómetros de recorrido, es la segunda cavidad de mayor desarrollo de Andalucía.



Esquema de los principales espeleotemas y su distribución en una cavidad (Salomon, 2000)

Las cuevas de la Pileta (2.000 metros de galerías) y del Chapi (1.000 metros), igualmente situadas en el macizo de Líbar, destacan también por su desarrollo. En cuanto a las simas, se localizan un importante número con desniveles superiores a los 100 metros. Entre ellas, figuran las situadas en el polje del Pozuelo, como la Sima de Manolo Pérez (-311 metros), la Sima del Pozuelo I (-284 m) y la Sima Nueva del Pozuelo (-162 metros); la Sima del Republicano (-256 m), cuya entrada se localiza en el polje de los Llanos del Republicano; la Sima de Villaluenga (-194 m), con su boca emplazada en el borde de una de las depresiones que forman la Manga de Villaluenga, visible desde la localidad de Villaluenga del Rosario; o la Sima del Cacao (-149 m), en la sierra del Caíllo. La sierra del Endrinal presenta numerosas simas y cuevas pero de tamaño más modesto, destacando la del Peñón Grande, con cerca de 300 metros de desarrollo y 50 de desnivel, así como algunas simas que superan ligeramente los 100 m de profundidad, como son la KL-6 y la KL-42. En el resto de los macizos calcáreos apenas existen cavidades, pudiendo destacarse la Cueva del Susto, con algo más de 200 metros de desarrollo, situada junto al Arroyo Molinos, al norte del conjunto montañoso de Monte Prieto.

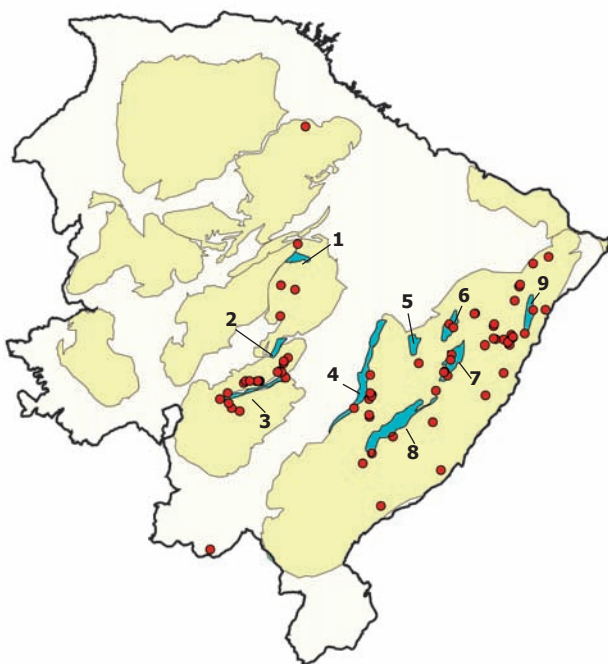
Además de los sedimentos que se generan o acumulan en el interior de las cavidades, en el exterior de las rocas calcáreas sometidas a procesos de karstificación es relativamente frecuente encontrar los restos de la disolución de las calizas, un residuo insoluble arcilloso, de color rojizo, que se conoce bajo el término de **terra rossa** o **arcilla de descalcificación**. Suelen tapizar el fondo de las dolinas disolución, impermeabilizándolas. También se presentan asociadas a los lapiaz, aunque la erosión haya hecho que, a menudo, desaparezcan estos depósitos.



Sima del Cacao, Sierra del Caíllo, de 149 m de desnivel.
En la foto se observan grandes formaciones estalagmíticas y columnas



Cueva del Chapi, Sierra Blanquilla. Hidrogeológicamente, la cavidad funciona como una surgencia ocasional, tipo "trop-plein"



Situación de cavidades inventariadas (círculos rojos) en el Parque Natural y de poljes y grandes depresiones kársticas (en azul)

- 1: Polje del Endrinal
- 2: Navazo Hondo
- 3: Manga de Villaluenga
- 4: Polje del Republicano
- 5: Polje de Zurraque
- 6: Polje del Burfo
- 7: Polje del Pozuelo
- 8: Polje de Líbar
- 9: Polje de Benaoján

Otros depósitos asociados habitualmente al karst son los **travertinos**, o tobas calcáreas. Son depósitos carbonáticos, contruidos a menudo por vegetales, que se desarrollan a partir de aguas bicarbonatadas cálcicas, en las proximidades de surgencias de aguas subterráneas o en cauces de corrientes fluviales. En ellos son frecuentes los restos fósiles (hojas, polen, moluscos, insectos, etc.), llegando a ser muy abundantes. Entre los procesos que favorecen su formación se pueden citar la presencia de vegetación acuática (musgos, algas, raíces), la existencia de desniveles topográficos o cascadas y un drenaje kárstico que permita aguas con elevada mineralización y el mantenimiento de un caudal no sometido a bruscas variaciones. Los edificios travertínicos existentes en el Parque Natural son de dimensiones modestas. Entre los relictos o inactivos, aparecen algunos en el área noroccidental de la Sierra de la Silla y al sur de El Bosque. Pequeños travertinos en formación se pueden observar en el cauce del Arroyo Molinos y en las proximidades de la localidad de Benamahoma, así como en otros emplazamientos ligados a surgencias difusas a los cauces.



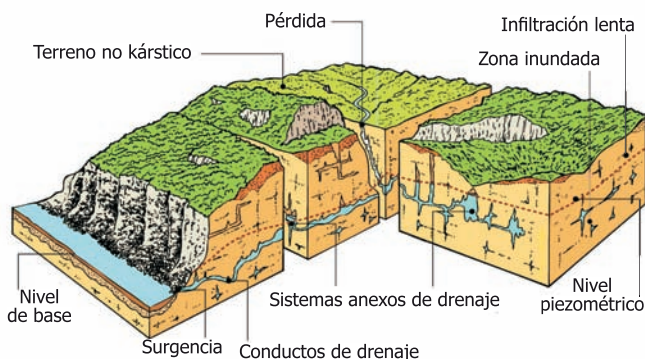
Travertino en formación, en el cauce del Arroyo Molinos

Las **morfologías fluviokársticas** son consecuencia de la interacción entre la dinámica fluvial y el modelado kárstico. La incisión fluvial, unida a la disolución de la roca, llega a proporcionar cañones de paredes muy verticalizadas. El ejemplo más espectacular se produce en el arroyo de Bocaleones, en el sector conocido como la Garganta Verde, donde los desniveles son cercanos a los 400 metros entre el fondo del cauce y las partes más elevadas del cañón.

Acuíferos kársticos

La karstificación transforma una formación carbonatada fracturada en un acuífero kárstico. Se trata de un proceso evolutivo, que puede ser relativamente rápido a escala geológica, en el que influyen numerosos factores, desde las características litológicas y estructurales del macizo carbonatado hasta las variaciones climáticas o los episodios tectónicos recientes de elevación del macizo respecto a su nivel de base, o zona en la que se produce la descarga del acuífero. El resultado es la formación de una red de conductos en el interior del acuífero, organizados en una estructura jerarquizada de drenaje desde la superficie del acuífero kárstico hacia su punto o puntos de descarga.

Un acuífero kárstico presenta numerosas características específicas, que no posee ningún otro tipo de acuíferos.



Modelo de organización de un acuífero kárstico (Mangin, 1975)


Además de la existencia de conductos, el drenaje y el almacenamiento de agua están separados. Mientras que el drenaje se realiza a través de la red de conductos, el almacenamiento se produce en diferentes partes de la zona saturada: en las zonas microfisuradas o porosas de la roca no karstificada y en huecos y cavidades conectados al drenaje, denominados sistemas anexos al drenaje. La alimentación, por otra parte, presenta también unas modalidades particulares: muy concentrada en determinados puntos de la superficie, lo que da como resultado una infiltración rápida, mientras que en el resto la infiltración se produce de manera mucho más lenta.

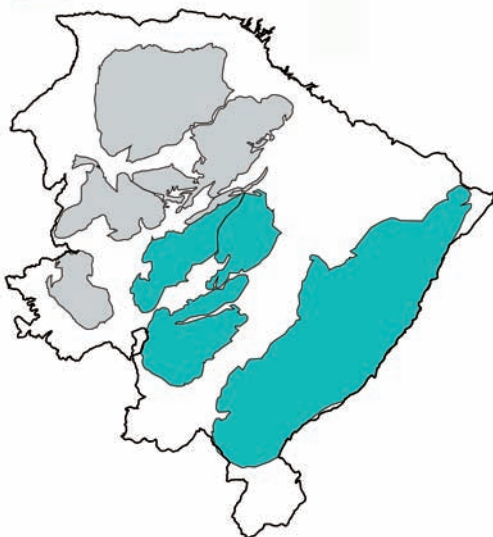
Esta organización proporciona un tipo de acuíferos altamente heterogéneos. Las velocidades de circulación del agua pueden llegar a ser muy elevadas en los grandes conductos, en contraste con la circulación más lenta que se produce en

las pequeñas fisuras. Como consecuencia de ello, y en función del papel que representen en el conjunto del acuífero estas diferentes vías de circulación, se produce una gran variabilidad espacial y temporal de las características físicas, químicas e hidráulicas en las aguas. En cualquier caso, la usualmente alta velocidad de circulación de la mayoría del agua en el seno del acuífero kárstico, frente a otros tipos de acuíferos, trae consigo varios comportamientos característicos: una rápida respuesta de los manantiales a las precipitaciones, un descenso acusado de los caudales al cesar las mismas y una gran diferencia entre caudales máximos y mínimos. Y otra característica más: las aguas de sus manantiales presentan una baja mineralización, debido al escaso tiempo de permanencia del agua en el seno del acuífero.

Las **formas kársticas** tienen, por otra parte, un claro **significado hidrogeológico**, reflejo del papel que juegan en el acuífero kárstico, o que han jugado en algún momento pasado de su evolución.

Los campos de lapiaz, dolinas, poljes, sumideros y simas son, o han sido, zonas de infiltración preferencial. Las cuevas forman parte de la red de conductos de alta transmisividad, a veces desconectadas ya del sistema principal de drenaje, hablándose en este caso de redes fósiles. Sus bocas representan, a menudo, surgencias o paleosurgencias del acuífero.

-  ACUÍFEROS POCO KARSTIFICADOS (fisurados y/o fracturados)
-  ACUÍFEROS MUY KARSTIFICADOS (kársticos en sentido estricto)

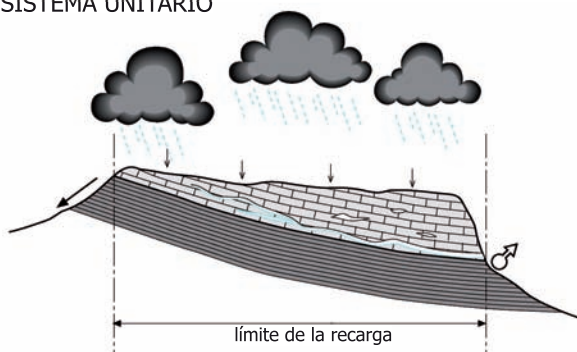


Grado de karstificación de los acuíferos carbonáticos en el Parque Natural

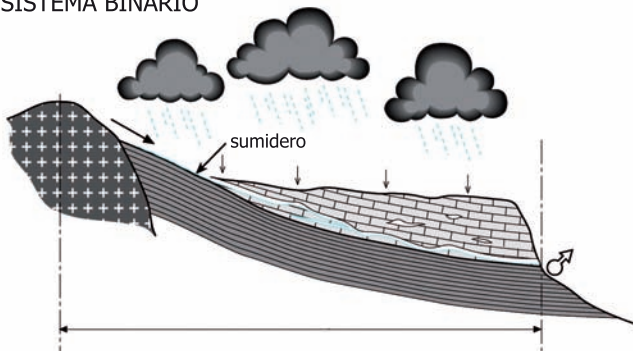
Los travertinos pueden indicar la proximidad de surgencias actuales o pasadas, en el caso de travertinos no funcionales; en general, delatan la presencia de aguas cargadas en bicarbonatos procedentes de la disolución de rocas carbonatadas.

En función de las morfologías funcionales presentes en los distintos acuíferos carbonatados, de la respuesta de los manantiales a las precipitaciones y del quimismo de sus aguas, podemos distinguir dos tipos de acuíferos en el Parque Natural Sierra de Grazalema: un grupo de ellos, poco karstificados, cuya permeabilidad es debida sobre todo a su fracturación y fisuración; otro grupo, muy intensamente karstificados, que constituyen acuíferos kársticos en sentido estricto. Los primeros se corresponden con los macizos carbonatados del Subbético Medio, mientras que los acuíferos kársticos se presentan en las sierras del Penibético, en concordancia con el prácticamente inexistente desarrollo de formas exokársticas y endokársticas en los primeros y su extraordinaria proliferación en las sierras penibéticas.

SISTEMA UNITARIO



SISTEMA BINARIO



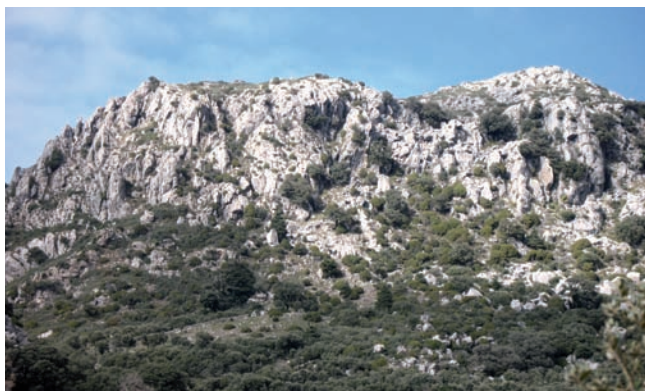
Los acuíferos kársticos en sentido estricto pueden, además, alimentarse exclusivamente del agua de precipitación que cae sobre su superficie o bien absorber pérdidas de circulaciones superficiales que provienen de terrenos menos permeables. En el primer caso hablaríamos de un sistema unitario, constituido únicamente por el acuífero kárstico. En el segundo caso, el sistema kárstico está formado por el acuífero y la cuenca superficial drenada por las pérdidas: se trata de un sistema binario.

Los dos acuíferos que se identifican en la Sierra del Endrinal, denominados Endrinal y Hondón, son ejemplos de sistemas unitarios. Los acuíferos de Ubrique y de Líbar son, por el contrario, sistemas binarios: el acuífero de Ubrique absorbe las aguas del arroyo Albarrán; en Líbar, la cuenca del arroyo de los Álamos, de 30 km², y la del Gaduares, de 44 km², cuyos ríos se sumen en el acuífero kárstico, forman parte del sistema kárstico. En estos últimos, el drenaje subterráneo está aún más desarrollado.

Los acuíferos del Parque Natural Sierra de Grazalema

Acuífero de Zafalgar-Labradillo

Es el acuífero más septentrional del Parque Natural, ocupando una superficie de unos 46 km², en el que se incluyen las sierras de Zafalgar, Labradillo y Margarita. Su estructura se corresponde con la de un gran domo anticlinal, con suaves pliegues y numerosas fracturas que complican su geometría interna.



Sierra del Hinojar, sector meridional del acuífero Zafalgar-Labradillo

Los materiales que integran este acuífero del Subbético Medio son dolomías y calizas del Jurásico inferior, de alta permeabilidad por fracturación y con una karstificación reducida, que afloran sobre todo en su tercio suroriental. En el resto del acuífero la permeabilidad es más baja, ya que está formado por margocalizas y por alternancias de calizas, margas y calizas margosas. Los límites impermeables del acuífero son los materiales arcillosos del Triásico y las margas del Cretácico.

La alimentación del acuífero se produce exclusivamente a partir de la infiltración por lluvia, especialmente sobre los 19 km² de alta permeabilidad y, en menor medida, sobre el otro conjunto, de 27 km², de permeabilidad media. La descarga se realiza a partir de diferentes manantiales situados sobre todo en su borde septentrional, occidental y suroccidental. Entre ellos, destacan los manantiales de Bocaleones, localizados en la confluencia de los arroyos Garganta Seca y Bocaleones, con un caudal medio de más de 300 litros por segundo. Otro manantial importante de este acuífero, situado en el extremo suroccidental del acuífero, es el de Los Cachones, manantial de funcionamiento temporal que drena un caudal medio del orden de los 200 litros por segundo.



Manantial Los Cachones (acuífero Zafalgar-Labradillo)

La situación de los manantiales está condicionada por la proximidad de los contactos con los materiales impermeables que limitan el acuífero (arcillas triásicas y margas cretácicas) o por el contacto entre los dos conjuntos carbonatados jurásicos de diferente permeabilidad.

Acuífero de El Bosque

Con una superficie de unos 16 km², este acuífero se sitúa al este de la localidad de El Bosque, al sur del acuífero de Zafalgar-Labradillo e inmediatamente al oeste del de Pinar-Monte Prieto, con el que está en contacto.



Dolomías jurásicas en el sector occidental del acuífero de El Bosque

Se desarrolla sobre formaciones carbonatadas jurásicas del Subbético Medio, muy similares a las que forman el acuífero de Zafalgar-Labradillo, aunque con una estructura aún más compleja, con superposición de cabalgamientos y pliegues e importantes fracturas. El acuífero se muestra fuertemente compartimentado, resultando sectores de funcionamiento hidráulico relativamente independientes entre ellos. La secuencia jurásica está limitada por los materiales impermeables del Trías y por las margas del Cretácico inferior.



Manantial La Máquina (acuífero de El Bosque)

La recarga se produce por la infiltración de la lluvia y, posiblemente, a través de entradas laterales subterráneas procedentes del acuífero de Pinar-Monte Prieto. La descarga se realiza por un conjunto de manantiales situados en su borde occidental (Vihuelo, Quejigo y Fuente Santa) y meridional (El Gorito y La Máquina). La surgencia más importante, el Nacimiento de Benamahoma, se sitúa en el borde norte del acuífero, muy próximo al de Pinar-Monte Prieto, por lo que tal vez llegue a representar salidas procedentes también de aportaciones de ese acuífero; su caudal medio es superior a los 350 litros por segundo.

Acuífero de Pinar-Monte Prieto

Inmediatamente al sur del acuífero de Zafalgar-Labradillo y al este del acuífero de El Bosque, el acuífero de Pinar-Monte Prieto se extiende sobre una superficie de unos 37 km² en la Sierra del Pinar y su prolongación nororiental por la zona montañosa de Monte Prieto.

El acuífero está formado por materiales carbonatados, permeables principalmente por fracturación, del Subbético Medio. En su estructura destaca el anticlinorio de la Sierra del Pinar y las numerosas fallas inversas de su flanco sur, así como la existencia de fallas de gran salto vertical, que originan una cierta compartimentación del acuífero. Los materiales que integran este acuífero son dolomías brechoides y calizas del Jurásico inferior, de alta permeabilidad por fractu-



Sierra de los Espartales, en la zona de Monte Prieto, vista desde el caserío de Gaidóvar. Sector norienta del acuífero de Pinar-Monte Prieto

ración, de unos 700 m de espesor. La presencia de niveles continuos de sílex en esas calizas del Jurásico inferior, especialmente hacia la zona de Monte Prieto, reduce el espesor de materiales de alta permeabilidad. Las calizas margosas, margocalizas y margas del Jurásico medio, con un espesor de unos 100 m y que se superponen al anterior conjunto, forman parte igualmente del acuífero, presentando una permeabilidad media. Los límites impermeables del acuífero son las arcillas del Triásico al norte y noroeste; al sur, sus límites quedan definidos por los flyschs del Corredor del Boyar.

La recarga de este acuífero se produce por la infiltración

de lluvia. Los manantiales se localizan, sobre todo, en los bordes, aunque también los hay en la zona central del acuífero, debido tanto a su compartimentación estructural como al contacto entre conjuntos de diferente permeabilidad. Su manantial más importante es el de Arroyo Molinos, que surge en el propio cauce de este arroyo, con un caudal medio de 150 litros por segundo.



Manantial de Arroyo Molinos (acuífero de Pinar-Monte Prieto). La surgencia se localiza en el propio cauce del arroyo

Acuífero Escamas del Corredor del Boyar

Este acuífero forma una estrecha y alargada banda, de 6 km de longitud y apenas 2 km² de superficie, que se extiende a lo largo del Corredor del Boyar. Su estructura responde a un apilamiento de numerosas escamas, limitadas por fallas verticales, con escasa continuidad. Los materiales permeables son calizas y dolomías jurásicas y calizas detríticas paleocenas, cuyos límites impermeables son las arcillas triásicas y flyschs cretácicos y terciarios.

Se trata, dadas sus características, de un acuífero muy compartimentado, en que cada escama está relativamente aislada de las circundantes, dando origen a un funcionamiento hidráulico relativamente independiente entre ellas.



Escamas del Corredor del Boyar, sector nororiental, vistas desde la localidad de Grazaema

Alimentado por la infiltración de lluvia, las descargas se realizan a través de varios manantiales de escaso caudal y que sufren estiajes acusados.



Fuente de Aguafría (Escamas del Corredor del Boyar)

Acuífero de El Hondón

El acuífero de El Hondón, con una extensión de unos 17 km², se desarrolla sobre las calizas jurásicas del Penibético, intensamente karstificadas. Ocupa la zona montañosa situada al oeste de la Sierra del Endrinal, que se extiende desde el Peñón Grande de Grazalema hasta el sur de la Sierra Alta de Benaocaz.

Los materiales permeables forman un conjunto de más de 500 metros de espesor. Presentan una disposición casi tabular, aunque trastocada por grandes fallas. Sus límites impermeables son las arcillas triásicas y las capas rojas del Cretácico superior-Eoceno.



Sector occidental del acuífero de El Hondón. La entalladura ha sido originada por las fallas normales del Salto del Cabrero

El acuífero se alimenta a partir de la infiltración por lluvia y de los aportes subterráneos provenientes del acuífero del Endrinal, con el que limita en su borde nororiental. Su manantial principal es el de El Hondón, con un caudal medio de más de 100 litros por segundo, situado junto al borde occidental. El resto de manantiales son de reducido caudal y proceden de niveles colgados o desconectados del funcionamiento general del acuífero.



Manantial de El Hondón (acuífero de El Hondón)

Acuífero de El Endrinal

Con una superficie de 15 km², el acuífero de El Endrinal se localiza al sur de la localidad de Grazalema, coincidiendo en gran parte con la Sierra del Endrinal.

El acuífero se desarrolla, al igual que el del Hondón, exclusivamente sobre las calizas jurásicas, intensamente karstificadas, del Penibético. Estas calizas llegan a alcanzar unos 600 m de espesor. Su estructura se corresponde con la de un gran anticlinal, bastante laxo, en la que también aparecen pliegues menores y numerosas fracturas, especialmente en sus bordes septentrional y oriental. Los límites del acuífero son: al sur, las arcillas triásicas; al este, las capas rojas del Cretácico; al norte, los flyschs de las Unidades del Campo de Gibraltar, que se ponen en contacto con las calizas mediante fallas normales; mientras que al oeste, limita con el acuífero de El Hondón mediante una superficie de cabalgamiento.

Son prácticamente inexistentes los manantiales asociados a este acuífero, a pesar de su elevada permeabilidad por karstificación. Sólo hay algunas pequeñas surgencias que drenan niveles acuíferos colgados. La razón de ello es que se produce un trasvase de agua subterránea al acuífero adyacente de El Hondón, a través de la superficie de cabalgamiento que los separa. Es probable que las calizas jurásicas tengan continuidad en profundidad con las del macizo de Líbar, hacia donde también podría drenar subterráneamente este acuífero.



Sector suroriental del acuífero de El Endrinal



Sector central del acuífero de El Endrinal. A la izquierda, pico de El Simancón (1.569 m) y a la derecha, El Reloj (1.535 m)

Acuífero de Ubrique

Este acuífero se desarrolla sobre las sierras de Ubrique y Las Viñas, ocupando también la vertiente meridional de la Sierra del Caíllo. Los materiales sobre los que se emplaza son las calizas jurásicas del Penibético, que alcanzan un espesor de más de 500 m y se encuentran intensamente karstificadas. La superficie del acuífero es de 24 km².

Su estructura refleja una cierta complejidad, con un sector norte caracterizado por una estructura de plegamiento, de dirección ENE-OSO, que se amortigua hacia el oeste, y una zona sur en que la disposición es próxima a la horizontal. La fracturación es sumamente variada: por una parte, hay una familia de fallas perpendiculares a los pliegues que llegan a presentar un importante salto en la vertical; por otra, existen otro conjunto de fracturas Norte-Sur que desnivelan los distintos bloques y una última, paralela a los propios pliegues, que da lugar a depresiones estructurales, como la de la Manga de Villaluenga. Los límites del acuífero son, en gran parte, de carácter tectónico, poniendo en contacto a las calizas con las Unidades del Campo de Gibraltar, al sur, y con las arcillas y margas del Triásico. El límite oriental, sin embargo, se corresponde con el contacto de las calizas jurásicas con las capas rojas del Cretácico superior-Eoceno.



Vista del sector meridional del acuífero de Ubrique

La alimentación del acuífero se produce por infiltración del agua de lluvia y por la cuenca superficial del arroyo Albarrán, que se introduce en las calizas junto a su límite oriental. Las descargas más importantes de este acuífero kárstico son: el Nacimiento de Ubrique, también llamado de Cornicabra, con un caudal medio de 200 litros por segundo; Benafeliz, con cerca de 100 litros por segundo; y el Algarrobal, o Saltadero, de unos 75 litros por segundo de caudal medio. Todos ellos se localizan en la población de Ubrique. Existe otra descarga natural notable, El Garciago, que funciona como un "trop-plein" de corta duración: tras intensas precipitaciones, se drenan caudales, a través de varios puntos, que pueden llegar a alcanzar más de 3.000 litros por segundo. Estos puntos, situados en el borde suroccidental del acuífero, están ligados a la red de fracturas que aparecen en el lugar conocido como Salto del Pollo.



Manantial de El Algarrobal (acuífero de Ubrique)

Acuífero de Silla

La sierra de La Silla da origen a un acuífero de unos 10 km², perfectamente delimitado por las arcillas del Triásico y, en una pequeña parte de su sector oriental, por los afloramientos de flysch de las Unidades del Campo de Gibraltar. Se localiza en la zona centro-occidental del Parque Natural y está formado por materiales carbonatados del Subbético Medio.

Con una serie similar al acuífero de Pinar-Monte Prieto, aparecen ampliamente representadas las dolomías brechoides y calizas del Jurásico inferior, aunque también incluye margocalizas y calizas margosas del Jurásico medio y superior.



Sierra de la Silla. A la derecha, cerro El Higuérón

Su estructura es la de un sinclinal, con los extremos del pliegue inclinados hacia el interior. Esta estructura, sin embargo, está interrumpida y desplazada por una importante red de fallas.

La recarga de este acuífero se produce exclusivamente por infiltración del agua de lluvia. La descarga se realiza a través de varios manantiales situados en sus bordes occidental (Fuenfría y La Esparragosilla, el más importante de todos) y oriental (Fuente Hedionda, Las Pitas, Las Palomas y Los Barandales).



Manantial de Fuente Hedionda (acuífero de Silla)

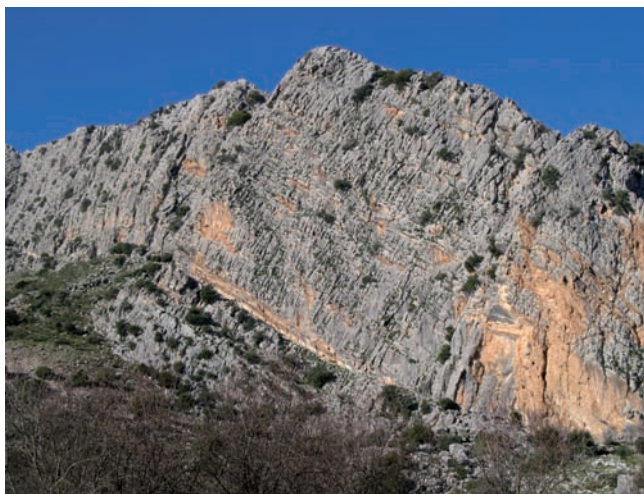
Las investigaciones recientes en este acuífero, llevadas a cabo por el IGME, confirman que se trata –como en los otros acuíferos del Subbético Medio– de un sistema inercial, en que las descargas no responden de forma inmediata a la precipitación, produciéndose un agotamiento lento de los recursos del acuífero. Es, por tanto, un acuífero permeable por fisuración y fracturación, en que la karstificación, en el caso de existir, es muy incipiente. Por otra parte, los estudios hidroquímicos apuntan la existencia de aportes de aguas profundas en contacto con las arcillas y yesos triásicos del muro impermeable del acuífero, que ceden sales a las aguas de, al menos, varios manantiales, tal como se ha comprobado en los de Fuente Hedionda y La Esparragosilla.

Acuífero de Líbar

Es el acuífero de más extensión de los existentes en el Parque Natural, con una superficie de 84 km². Se localiza en su sector oriental e incluye las sierras de los Pinos, Líbar y Mojón Alto, Montalate, Blanquilla, Palo y la de Juan Diego o Benaoján que, en conjunto, forman el denominado macizo de Líbar.

El acuífero se desarrolla, fundamentalmente, en las dolomías y, sobre todo, en las calizas jurásicas, muy intensamente karstificadas, así como en las capas rojas cretácico-eocenas del Penibético.

Su estructura, en general, corresponde a dos anticlinales paralelos: por una parte, el formado por la Sierra de Líbar y Mojón Alto y su prolongación hacia la Sierra de Montalate y, por otra, el que conforman las sierras Blanquilla, Palo y Juan Diego, alineados según una dirección NE-SO. En el núcleo de las estructuras anticlinales se encuentran las calizas jurásicas, mientras que las margas y margocalizas, las capas rojas, afloran en los bordes del macizo o en sus zonas interiores a favor de los sinclinales y de pequeñas fosas tectónicas generadas por fallas normales. En algunas zonas, debido a la disposición de los pliegues, llegan a aflorar las dolomías basales del Jurásico. Esta estructura plegada ha sido afectada, posteriormente, por una intensa fracturación y algunos cabalgamientos, que han trastocado la geometría inicial del plegamiento. El espesor de los materiales jurásicos se incrementa progresivamente de norte a sur, pasando de 500 a 700 m.



Sierra de Montalate, en la zona oriental del acuífero de Líbar

El acuífero está limitado en superficie por las propias capas rojas y por el Complejo de Flyschs del Campo de Gibraltar. En las capas rojas, sin embargo, se llegan a desarrollar sumideros y conductos de conexión hidrogeológica con las calizas jurásicas infrayacentes, debido tanto a su carácter mixto margocalizo como a la intensa fracturación que presentan.

La alimentación del acuífero se produce por infiltración directa del agua de lluvia sobre los afloramientos carbonatados, por recarga desde las capas rojas y por infiltración a

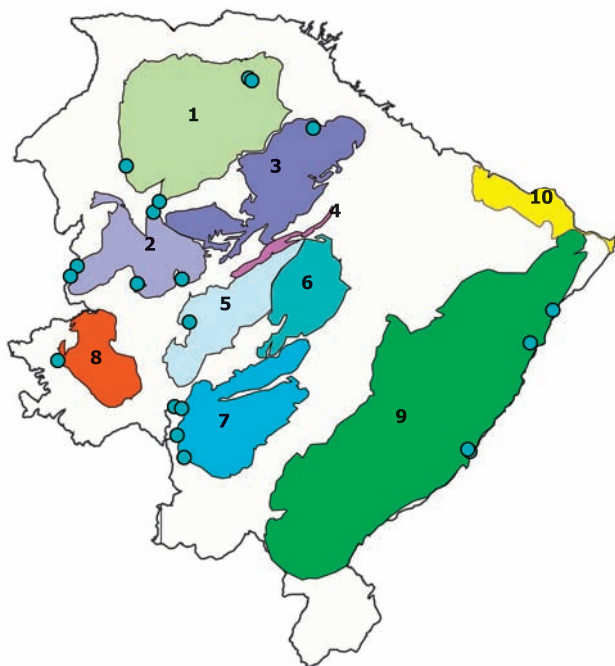
través de los sumideros existentes en los poljes de la parte central del macizo, principalmente los del Pozuelo, Llanos de Líbar y Burfo. No se descarta tampoco la posible alimentación subterránea desde los acuíferos de Ubrique y, sobre todo, de El Endrinal. Una aportación importante al acuífero es la que proviene de la escorrentía producida en las cuencas del río Gadaures, de 43,5 km², y del arroyo de los Álamos, de 30 km². Ambas cuencas superficiales discurren sobre materiales del Complejo de Flyschs y sus ejes de drenaje se pierden por sumideros situados en las calizas. Se trata, por tanto, de un claro exponente de sistema kárstico binario, formado por el propio acuífero kárstico y las cuencas de drenaje superficiales que contribuyen a su alimentación y a un mayor desarrollo del drenaje subterráneo.



Manantial de la Cueva del Gato, en aguas altas. Es la surgencia más caudalosa del acuífero de Líbar y de todo el Parque Natural

Las descargas del acuífero se producen en el borde oriental, propiciadas por el nivel de base actual que representa el río Guadiaro. Los manantiales más importantes son: Cueva del Gato, con un caudal medio de unos 1.500 litros por segundo; manantial de Benaoján que drena un caudal medio de 1.200 litros por segundo; y los de Jimera de Líbar, o Artezuelas, con caudales medios de unos 200 litros por segundo. A unos 7 kilómetros al sur del extremo meridional del acuífero, aunque conectado hidrogeológicamente con él, se encuentra el manantial del Charco del Moro, en la zona del Guadiaro conocida como Angosturas del Guadiaro o Garganta de las

Buitreras, que surge en el propio cauce; su caudal medio es de unos 500 litros por segundo. Otros manantiales significativos son los de la Fresnedilla, al sur de Benaoján, y el de la cueva del Chapi, un manantial que funciona como "trop-plein".



Situación de los principales manantiales (con caudales medios superiores a 25 l/s) en los acuíferos del Parque

- 1: Zafalgar-Labradillo
- 2: El Bosque
- 3: Pinar-Monte Prieto
- 4: Escamas del Corredor del Boyar
- 5: Hondón
- 6: Endrinal
- 7: Ubrique
- 8: Sierra de Silla
- 9: Líbar
- 10: Depresión de Ronda

Acuífero de la Depresión de Ronda

El acuífero de la Depresión de Ronda se extiende más allá de los límites del Parque, donde sólo aparece en su extremo nororiental con una extensión de unos 8 km². El acuífero está formado por el relleno postorogénico de la cuenca de Ronda, cuyo sustrato está constituido por materiales del dominio Subbético y del Complejo de Flyschs del Campo de Gibraltar.

Aunque el relleno de esta cuenca puede llegar a alcanzar más de 600 m de espesor en las zonas centrales de la Depresión de Ronda, en el Parque los espesores son mucho más reducidos, ya que corresponden a la zona de borde de la cuenca. En su base se encuentran conglomerados de cantos y cemento calizo, de aspecto masivo, sobre el que se apoyan calcarenitas estratificadas en capas delgadas. Una formación compuesta por litologías diversas (limos, arcillas y margas) cubre a esas calcarenitas, aunque también se producen cambios laterales de facies entre una formación y otra. El resultado es un acuífero multicapa, heterogéneo y anisótropo, de carácter libre en la mayor parte de su extensión. Su alimentación se produce por infiltración directa del agua de lluvia sobre los afloramientos permeables: las calcarenitas y los conglomerados. Presentan porosidad intergranular, aunque pueden llegar a estar ligeramente karstificados debido a su cementación.



Relieve tabular proporcionado por los materiales de la Depresión de Ronda

La descarga del acuífero se produce hacia el río Guadaro, a través de arroyos que recogen la escorrentía superficial –como el arroyo de Cupil– y de la aportación de manantiales de muy escaso caudal. Dentro del ámbito del Parque Natural, se pueden observar algunos pequeños pozos, para uso ganadero, que aprovechan el agua subterránea de este acuífero.

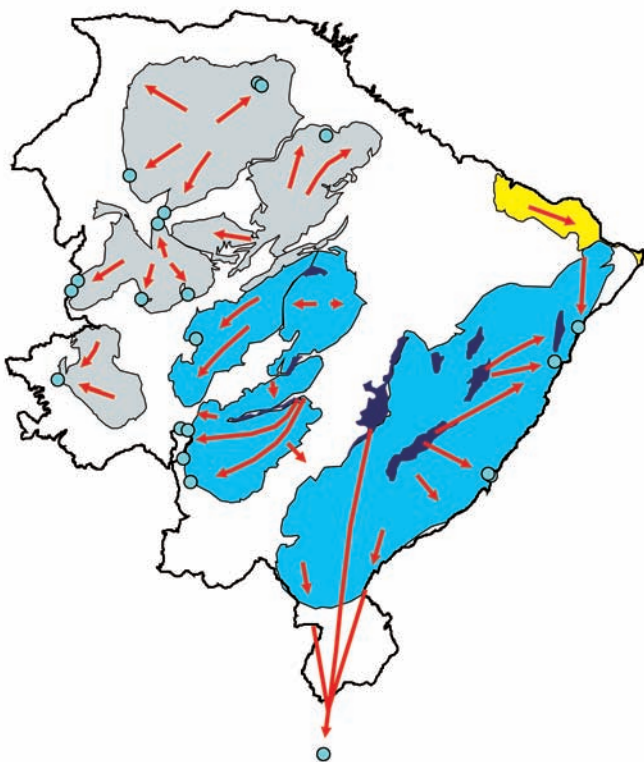


Pequeño pozo al sur del Puerto de Montejaque. Acuífero de la Depresión de Ronda

Los recursos hídricos subterráneos del Parque Natural

Las aportaciones que contribuyen a la recarga de los acuíferos del Parque Natural proceden de la infiltración del agua de lluvia que cae sobre los afloramientos permeables, de las pérdidas de cauces fluviales y de transferencias de agua subterránea desde otros acuíferos.

Las salidas se producen a través de tres vías: manantiales y aportaciones a los ríos cuando éstos atraviesan formaciones acuíferas, por aportaciones a otros acuíferos y mediante la extracción de recursos por bombeo. Las descargas a través de los numerosos manantiales existentes y a ríos ganadores son las salidas de mayor importancia, llegando a ser el origen de los principales recursos hídricos superficiales de las cuencas de los ríos Guadalete y Guadiaro.



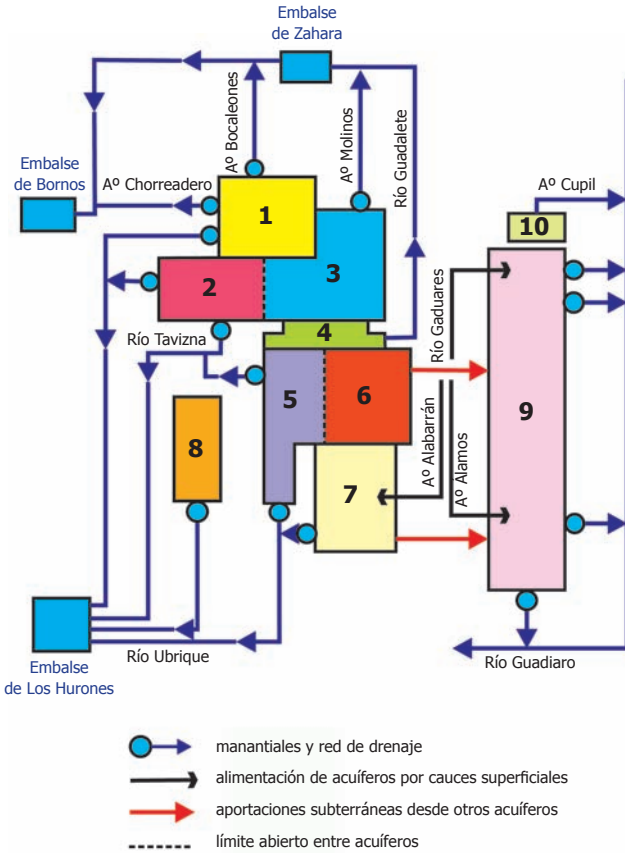
Esquema del flujo subterráneo en los acuíferos del Parque Natural
(basado en IGME, 1984, Andreo et al., 2004 e IGME, 2007)

Los datos más recientes que expresan el balance hídrico de los acuíferos estiman un valor total de recursos de 129,2 hm³/año (95,7 hm³/año por infiltración directa del agua de precipitación y 33,5 hm³/año por aportes de cuencas superficiales), a los que habría que añadir los correspondientes a la parte del acuífero de la Depresión de Ronda situado en el extremo nororiental del Parque. Los recursos medios anuales del total de este último acuífero son del orden de 12 hm³/año.

Acuíferos	Entradas por precipitación	Infiltración de aguas superficiales	Salidas naturales (manantiales y ríos)	Transferencias subterráneas	Bombeos y captaciones
Zafalgar-Labradillo	12,7	-----	12,4	-----	0,3
Pinar-Monte Prieto y El Bosque	18,7	-----	18,2	-----	0,5
Silla	1,7	-----	1,7	-----	-----
Escamas del Corredor del Boyar	0,5	-----	0,3	-----	0,2
Endrinal, Hondón y Ubrique	30,0	Arroyo Albarrán (sin evaluar)	12,5	-16,6	0,9
Líbar	32,1	33,5 (Río Gadares y Arroyo de los Álamos)	81,5	16,6	0,7
TOTAL	95,7	33,5	126,6		2,6

Balance hidrológico de los acuíferos del Parque Natural Sierra de Grazalema. Datos expresados en hm³/año
(Dirección General de Obras Hidráulicas, 1998)





ACUÍFEROS

1. Zafalgar - Labradillo
2. El Bosque
3. Pinar - Monte Prieto
4. Escamas del Corredor del Boyar
5. El Hondón
6. Endrinal
7. Ubrique
8. Silla
9. Líbar
10. Depresión de Ronda

Relación entre acuíferos y red fluvial

(modificado de Dirección General de Obras Hidráulicas, 1998)

Calidad natural de las aguas subterráneas

Las aguas subterráneas del Parque presentan, en general, facies bicarbonatadas cálcicas y cálcico-magnésicas, como consecuencia de la naturaleza carbonatada de los acuíferos. Suelen ser de baja mineralización y aptas para cualquier tipo de uso. El mayor contenido en magnesio se relaciona con un tiempo más elevado de permanencia del agua en el acuífero y con una mayor abundancia de rocas dolomíticas.

En el acuífero de Zafalgar-Labradillo las aguas presentan una composición química bicarbonatada cálcica, bicarbonatada magnésica o bicarbonatada cálcico-magnésica y de baja salinidad, inferior a 600 mg/l. En algunos puntos se han encontrado aguas de facies bicarbonatada-sulfatada cálcica, con mineralización moderada, debido a su circulación por acuitardos margosos. La calidad del agua es apta para todo tipo de usos.



Fuente La Higuera, en las inmediaciones de Zahara de la Sierra (acuífero de Zafalgar-Labradillo)

En el acuífero de Pinar-Monte Prieto predominan las facies bicarbonatadas cálcico-magnésicas y bicarbonatadas cálcicas. Puntualmente llegan a presentarse, en su borde sur-oriental, aguas de facies sulfatada cálcica en manantiales situados en el contacto entre las formaciones carbonatadas jurásicas y las arcillas yesíferas de su muro. Las aguas son, en cualquier caso, aptas para todo tipo de usos.

Las aguas del acuífero de El Bosque son bicarbonatadas cálcicas o cálcico-magnésicas, con un total de sólidos disueltos inferior a 500 mg/l. Son aguas aptas para todo tipo de usos.



Fuente de los Tres Chorros (Benamahoma), cuyas aguas provienen del manantial El Nacimiento (acuífero de El Bosque)

El acuífero de Ubrique proporciona, igualmente, aguas aptas para consumo humano, escasamente mineralizadas y con facies bicarbonatadas cálcicas y bicarbonatadas cálcico-magnésicas.

El acuífero de la Silla da lugar a aguas con facies sulfatadas cloruradas cálcicas en el manantial de La Esparrogosilla, sulfatadas cálcicas (manantial de Fuente Hedionda), bicarbonatadas cálcicas (manantial de Los Barandales) y cálcico-magnésicas (manantial de la Fuenfría). Las concentraciones iónicas elevadas en los dos primeros puntos de agua, sobre todo en sulfatos y en calcio, las hace no aptas para el consumo humano. La circulación del agua en contacto con el muro del acuífero, formado por arcillas con abundantes yesos, provoca estos contenidos anómalos con respecto al resto de acuíferos.

Las aguas del acuífero de El Hondón, aptas para todo tipo de usos, presentan una mineralización baja y facies bicarbonatadas cálcicas y bicarbonatadas cálcico-magnésicas.



Fuente del Dornajo (acuífero de El Hondón)

El acuífero de Líbar origina aguas de facies bicarbonatadas cálcicas y bicarbonatadas cálcico-magnésicas, escasamente mineralizadas, con un total de sólidos disueltos inferiores a 400 mg/l. Son aguas aptas para cualquier uso.

En el acuífero de la Depresión de Ronda las aguas presentan facies mixtas, bicarbonatadas-sulfatadas o sulfatadas-bicarbonatadas cálcico-magnésicas, de dureza elevada y mineralización débil a media, aptas no obstante para el consumo humano.

En las Areniscas del Aljibe hay aguas con facies bicarbonatada cálcica y clorurada sódica, presentando mayoritariamente una mineralización muy débil, que en algún caso llega a moderada. Suelen presentar contenidos en hierro significativos, aunque inferiores a 0,25 mg/l.

Ciertas actividades en el interior del Parque Natural pueden conllevar el riesgo de contaminación de acuíferos, debido a la posibilidad de que se incorporen al agua subterránea sustancias o materias que implican una alteración perjudicial de su calidad en relación con sus usos posteriores o con su función ecológica.

Entre las actividades que más pueden afectar en el Parque Natural a los acuíferos son los vertidos de aguas residuales sin depurar –ya sean de origen urbano, actualmente tratadas en su inmensa mayoría en estaciones depuradoras, ya sean de origen industrial-, los vertidos sólidos no controlados –una vez que ya han sido cerrados la totalidad de los antiguos vertederos- y las actividades agropecuarias, que constituyen una fuente potencial de contaminación difusa de las aguas subterráneas. La agricultura, sin embargo, se concentra en zonas deprimidas que circundan a las sierras, limitando su presencia en el interior de las mismas al fondo de algunos valles y, en el caso del olivar, a ciertas laderas, por lo que es escasa y muy limitada su incidencia como fuente de contaminación.



Olivar en las márgenes del embalse de Zahara. Las actividades agropecuarias son una fuente potencial de contaminación de las aguas subterráneas, aunque su incidencia es muy limitada en el Parque Natural

La carga contaminante de la ganadería, de carácter extensivo en su gran mayoría, es relativamente significativa en el ámbito del Parque, aunque se estima que sólo una pequeña parte de ella llega a percolar a los acuíferos.

La vulnerabilidad a la contaminación de las aguas subterráneas es especialmente elevada en los acuíferos kársticos, por el débil papel filtrante que ejerce la zona de infiltración, la escasa dilución que propicia la organización del sistema de drenaje subterráneo y el poco tiempo de residencia del agua en el interior del acuífero, que impide una autodepuración efectiva.

Los recientes trabajos e investigaciones llevados a cabo en el acuífero de Líbar confirman que éste presenta una vulnerabilidad intrínseca elevada a la contaminación en la mayor parte del mismo, como consecuencia de su importante grado de karstificación. Una conclusión similar se puede aplicar al resto de los acuíferos kársticos del Parque.

Un último aspecto hay que tener en cuenta en el Parque Natural para evaluar la vulnerabilidad a la contaminación de los acuíferos. No sólo hay que prevenir la entrada de cargas contaminantes en zonas permeables, sino también en las cuencas de drenaje de los ríos que alimentan a los sistemas kársticos (cuencas del río Gadares, del arroyo de los Álamos y del arroyo Albarrán) y en las zonas endorreicas existentes y comunicadas hídricamente con los sistemas kársticos, tal como son los poljes y otras depresiones.



Capítulo 5

Agua y paisaje humano

El Parque Natural Sierra de Grazalema constituye una importante reserva de agua. Sus acuíferos, a través de la gran cantidad de manantiales existentes, dan origen a los principales recursos hídricos de las cuencas de los ríos Guadalete y Guadiaro. El propio río Guadalete tiene aquí su nacimiento, así como destacados tributarios del mismo, como son los ríos Majaceite, Tavizna y Ubrique (estos dos últimos, afluentes a su vez del Majaceite) y los arroyos de Gaidóvar y del Águila. También tiene su nacimiento en el Parque Natural el río Guaduares, que drena de forma subterránea al río Guadiaro.

El agua ha sido, históricamente, el factor que ha condicionado en gran medida la ubicación de los asentamientos humanos, por lo que la mayoría de los núcleos de población tiene en sus proximidades, o incluso en su interior, manantiales que justifican su emplazamiento. La abundancia de agua, aunque irregular en su distribución territorial, ha facilitado el desarrollo de las tradicionales actividades económicas –ganadería, huertas de regadío– y ha permitido usos que configuran un paisaje y un legado etnológico y cultural de excepcional singularidad.



Piedra de molino junto al río Guadiaro

Molinos, batanes y martinetes

Los **molinos**, especialmente harineros, eran los ingenios hidráulicos más abundantes en el Parque Natural. La energía hidráulica de ríos y arroyos era, a veces, adicionalmente complementada por la de manantiales próximos, que incluso llegaban a ser su fuente de alimentación exclusiva en algunos de ellos.

Se conoce la existencia de cerca de sesenta molinos en el Parque Natural. Las mayores concentraciones se situaban en la ribera de Arroyomolinos y a orillas del arroyo Bocaleones-cerca de Zahara-, en el río Majaceite -entre las localidades de El Bosque y Benamahoma-, junto al río Guadiaro, así como en la Ribera de Gaidóvar, caserío situado a unos 3 km al noroeste de la localidad de Grazalema. También aparecen en el río Tavizna -como el molino de la Angostura-, junto al arroyo Seco -en las proximidades de Benaocaz- y en el río Ubrique. Los molinos hidráulicos han desaparecido en su práctica totalidad. Sin embargo, aún siguen en pie los restos de algunos, manteniéndose además un número apreciable que, reconvertidos para otros usos, han conservado gran parte de su estructura.



Interior del molino del Rincón. Ribera del Gaidóvar

En la Ribera del Gaidóvar llegaron a funcionar 14 molinos en la década de los años veinte del pasado siglo, manteniéndose en funcionamiento aún 12 de ellos en los años cuarenta. Hoy sólo uno sigue realizando la molienda, aunque exclusivamente para uso de su propietario: el molino del Rincón.

Se nutre con agua del arroyo de Gaidóvar y de un manantial situado en sus proximidades. El otro molino en funcionamiento del Parque Natural, el molino de Abajo, se encuentra en la localidad de El Bosque, junto a la margen derecha del río Majaceite; reconvertido en espacio museístico, mantiene la estructura original del molino y permite mostrar al visitante su funcionamiento tal como se realizaba originalmente.



Atajea en que finaliza la acequia, antes de su caída al cubo para accionar el rodezno. Molino del Rincón, Ribera del Gaidóvar

Los molinos hidráulicos fueron ya empleados desde la antigüedad: cinco siglos antes de nuestra era ya existían en Persia y en el Mediterráneo oriental. En Andalucía fueron posiblemente los romanos sus introductores, aunque posteriormente los árabes se encargarían ampliamente de su difusión por toda la Península Ibérica. La mayor parte de los situados en el Parque Natural proceden de los siglos XVII y XVIII, aunque muchos sufrieron reformas considerables en épocas posteriores.

Los martinetes y batanes son otros de los ingenios que estaban concebidos para el aprovechamiento de la fuerza motriz del agua. Los **batanes** son máquinas de funcionamiento hidráulico que, mediante gruesos mazos de madera movidos por un eje, se utilizaban para golpear, desengrasar, enfurtir y hacer más fuertes los tejidos de lana.

Por extensión, el nombre se aplica a los edificios que los albergan, en los que también era frecuente la realización de otras tareas textiles. La industria textil del pueblo de Graza- lema supuso que esta localidad fuera, desde el siglo XVIII hasta mediados del XIX, uno de los centros de comercio en paños y otros tejidos de lana más importantes de España. Y así surgieron, en toda la comarca, numerosas fábricas, batanes, calderas de jabón, talleres de curtido de pieles, etc., que han llegado a funcionar hasta bien avanzado el siglo XX. En el río Majaceite, en las proximidades de Benamahoma, hubo varios batanes, así como en la Ribera del Gaidóvar.



Noria de la fábrica de mantas de Mario. Ribera del Gaidóvar

Precisamente aquí, en la Ribera del Gaidóvar, se encuentra la fábrica de mantas de Mario, un ejemplo excepcional de este patrimonio ligado al agua, ya que es la única que aún conserva todo el mecanismo hidráulico y su maquinaria original.

El agua, transportada por una acequia, o cao, desde el arroyo de Gaidóvar, accionaba una enorme noria que permitía mover las máquinas de la fábrica y garantizar la eficacia del complejo proceso que se llevaba a cabo. Las principales operaciones que dependían de la energía hidráulica eran: prepa-

ración de la lana, eliminación de impurezas, homogeneización, formación de hilo grueso y de las bovinas, paso por el batán para que las mantas adquirieran consistencia y eliminación del pelo y suavizado. Estos procesos, unidos a otros necesarios para la elaboración de las mantas –lavado de la lana, obtención y organización de las madejas, formación de la pieza de la manta para el telar, tejido de la misma y secado-, se han seguido realizando hasta la década de los 90 del pasado siglo XX, época en que la fábrica dejó de funcionar.



Batán de la fábrica de mantas de Mario. Ribera del Gaidóvar

Los **martinetes** disponen de un mazo de gran peso que se usaba en la forja, batido y estampado o embutido de metales. Con este nombre se designa también a las antiguas industrias destinadas tanto a la fundición como a la transformación de minerales metálicos, principalmente de cobre, utilizando la energía hidráulica.

En estas instalaciones se podían distinguir dos secciones: el área de fundición del metal en hornos, que aprovechaba la fuerza motriz del agua para inyectar aire en el horno, y el área de forjado y elaboración de calderos de cobre y otros productos, en que la energía del agua permitía mover el mazo.

A principios del siglo XX, había en Benamahoma tres fábricas de fundir y laminar cobre, donde se elaboraban calderos y distintos utensilios y se hacían chapas de bronce y otras aleaciones destinadas a los puertos de Cádiz y Málaga para la construcción de barcos.

La más conocida y documentada de estas instalaciones es la que ocupaba la finca de El Martinete, que disponía de

fragua para fundir metales y un mazo de 40 kilos que, movido por el agua del río Majaceite, moldeaba las piezas de cobre destinadas al uso cotidiano de los habitantes de la comarca.

Fuentes, abrevaderos y otros elementos del patrimonio hidráulico

Las fuentes son los elementos del patrimonio hidráulico más abundantes en el Parque Natural. No sólo han sido la base del aprovisionamiento humano, sino un elemento importante como lugar de encuentro y, en definitiva, un espacio de sociabilidad. Las fuentes de carácter urbano, situadas en el interior o en las afueras de las poblaciones, cuentan con ejemplos notables en todas las localidades del Parque Natural, muchas de ellas emplazadas en el mismo lugar del nacimiento del agua, mientras que en otras el agua es conducida mediante canalización desde puntos más o menos alejados. Su arquitectura refleja, en unos casos, un carácter marcadamente funcional, mientras que en otros se alcanza un indudable valor artístico y decorativo, por su diseño, calidad de materiales, riqueza de motivos ornamentales o por la calidad de la talla.



Caños de la llamada fuente romana, en la localidad de Grazelema

La fuente de estilo barroco en Benaocaz, las fuentes de la Plaza de España, romana y Pontezuela en la localidad de Grazelema, así como la de los Nueve Caños y la de la plaza del Ayuntamiento en Ubrique –una de las que se conoce su año de construcción, 1727- son algunas de las que muestran

un destacado carácter decorativo. Pero todas son, tanto las meramente funcionales como las de carácter artístico, elementos de indudable valor patrimonial y reflejan el importante papel que la arquitectura del agua tiene en todos los pueblos del Parque Natural.



Fuente de estilo barroco en Benaocaz

Algunas de estas fuentes presentan, además, ciertas particularidades constructivas, ya que la conducción del agua se realiza mediante la excavación subterránea de una galería de ligera pendiente, que permite aflorar el agua por gravedad en el punto deseado. Son las denominadas "minas de agua". La fuente del Algarrobal, en Benamahoma, es una sencilla galería

de unos 5 m de longitud revestida con mampostería, que debió ser realizada para incrementar el caudal del manantial existente. De mayor complejidad es el *qanat* de Villaluenga del Rosario, un auténtico acueducto subterráneo de un kilómetro de longitud.



Galería de la fuente del Algarrobal, Benamahoma

La importancia que tradicionalmente ha tenido, y sigue teniendo, la ganadería en el Parque Natural se refleja, también, en el alto número de fuentes que, situadas en las afueras de las poblaciones o bien plenamente localizadas en el ámbito rural, tienen como objetivo principal abastecer de agua al ganado. Estas fuentes presentan uno o varios recintos, los pilares, en los que se contiene el agua que se utiliza como abrevadero. Idéntica función presentan numerosos pozos con pilares adosados.



Abrevadero de la fuente de las 20 pilas, Ubrique

Otros elementos de la arquitectura popular del agua los encontramos en los lavaderos. Prácticamente han desaparecido todos, aunque aún permanece, como notable excepción, el de Grazalema, situado frente a la denominada fuente romana.



Lavadero de Grazalema

Las grandes infraestructuras hidráulicas

El final del siglo XIX e inicio del XX coincide con la necesidad de obtención de nuevas energías para suministro eléctrico. La energía hidroeléctrica comienza a aprovecharse inicialmente a través de pequeñas centrales, conocidas como fábricas de luz, como la que existió en Benaoján, o la Eléctrica de la Sierra, en el término municipal de El Bosque, que comenzó a funcionar en 1908.

Pero el primer gran proyecto hidroeléctrico fue la construcción de la presa de Los Caballeros, también conocida como presa del Hundidero y presa de Montejaque, en el río Gaduares.

La presa, construida por la Compañía Sevillana de Electricidad y finalizada en 1924, tenía como objetivo la producción de 9 millones de kw/h a partir de los 20 millones de metros cúbicos de agua estimados que se podrían acumular en ella. Realizada según un proyecto del reputado ingeniero suizo Gruner, se trata de la primera gran presa en arco o bóveda de España, la más alta de ese tipo en su tiempo. Construida en hormigón, sustituyendo así a la tradicional mampostería, tiene una altura de 73 metros, una longitud en su arco basal de sólo 16 metros y de 66 en su coronación, lo que la proporciona una gran esbeltez y elegancia. Es, sin duda, una de las más vanguardistas obras hidráulicas de su época. Pero esta formidable obra de ingeniería presenta, sin embargo, el mayor de los inconvenientes que se puedan esperar: nunca cumplió su función de embalsar el agua, debido a las filtraciones producidas en las calizas jurásicas, muy karstificadas, de su cerrada.



Presa de Montejaque, o de los Caballeros

Tres grandes proyectos hidráulicos se han realizado en el siglo XX: el embalse de Los Hurones, finalizado en 1964, el embalse de Zahara-El Gastor, inaugurado en 1991, y el trasvase Guadiaro-Majaceite, que entró por primera vez en servicio en el año 2000.

El embalse de Los Hurones se utiliza para abastecimiento, producción hidroeléctrica y riego, mientras que el de Zahara-El Gastor se dedica a riego. El trasvase Guadiaro-Majaceite se realizó mediante un túnel subterráneo de 12 km de longitud; su compuerta de entrada se sitúa en el término municipal de Cortes de la Frontera, con salida en la Garganta de Barrida, afluente del río Ubrique, cuyas aguas se incorporan al embalse de Los Hurones. A este embalse llegan aguas de los ríos Majaceite, Tavizna, Ubrique y los caudales derivados del río Guadiaro hasta un máximo de 110 hm³ anuales, máximo permitido por la ley de transferencia de volúmenes de agua de la cuenca del Guadiaro a la del Guadalete.



Embalse de Los Hurones

El embalse de Zahara-El Gastor se nutre, por su parte, con aguas del Arroyo Molinos, del Guadalete y de los dos principales afluentes a éste en el Parque Natural: el arroyo de Gaidóvar y el del Águila. Estos sistemas de regulación de aguas superficiales contribuyen a garantizar el suministro de agua para abastecimiento y uso agrícola e industrial de la fachada atlántica de la provincia de Cádiz. Estos embalses, junto con el de Bornos y Guadalcaçín, reciben buena parte de sus aportaciones de las salidas de aguas subterráneas de los acuíferos del Parque.

Todas las poblaciones incluidas en el ámbito del Parque Natural se abastecen de agua subterránea, proporcionada directamente por derivaciones de parte del caudal drenado por manantiales o a través de sondeos. El total de recursos de agua subterránea explotados directamente es de unos 3,2 hm³ al año. La pequeña presa de Fresnillo, en las proximidades de la localidad de Grazelema, suministra agua de forma complementaria a las poblaciones de Villaluenga del Rosario, Grazelema y Benaocaz.

TRAVERTINOS Y MOLINOS HIDRÁULICOS, UNA CURIOSA E INTERESANTE ASOCIACIÓN

La formación de travertinos depende de la interacción de numerosos parámetros físicos, químicos y biológicos, determinados por factores inherentes al propio medio natural. Por una parte, se necesitan aguas con alta concentración en carbonatos e iones de calcio, como las de los ríos y arroyos que atraviesan rocas carbonatadas o las que surgen del interior de los propios macizos calcáreos en manantiales o pequeños rezumes. Si el agua permanece durante un prolongado tiempo en contacto con las rocas calizas, ésta va adquiriendo una elevada concentración que permitirá, si se dan otras condiciones, la precipitación de los mismos.

La pérdida de CO₂ (dióxido de carbono) del agua es la causa principal de tal precipitación (al contrario de lo que ocurre cuando este gas se incorpora al agua, acidificándola y permitiendo la disolución de las calizas). Las aguas sobresaturadas de CO₂, con respecto al aire, y de iones de calcio en disolución, cuando emergen se desgasifican rápidamente (el CO₂ pasa al aire) y se produce un precipitado de carbonato cálcico de manera espontánea. Cuanto mayor es la diferencia entre la presión de CO₂ del agua y la del exterior, la formación de carbonatos se realiza más intensamente y con mayor rapidez. Este es el mecanismo que tiene lugar en algunas surgencias kársticas.

Otros factores también contribuyen a la precipitación de la caliza: la agitación del agua en su recorrido, favorecida por turbulencias o por desniveles topográficos, propicia asimismo la desgasificación; las plantas juegan un destacado papel en este proceso, especialmente plantas acuáticas como los musgos y algas, que realizan consumo de dióxido de carbono para la fotosíntesis, así como la actividad bacteriana. Algunas algas, además, segregan esqueletos calizos que facilitan la mineralización. Un fuerte desarrollo de la cubierta vegetal y edáfica favorece también el proceso, ya que proporciona gran cantidad de CO₂ y tiende a dosificar la infiltración, lo que in-

fluye en el régimen de las surgencias, que serán más regulares en su caudal. Por tanto, si disponemos de aguas con una alta carga en carbonatos y calcio, un caudal más o menos constante - aunque sea pequeño-, no sometido a bruscas variaciones, y mecanismos que propicien la pérdida de CO_2 -saltos de agua, plantas consumidoras de este gas, etc.-, se habrán reunido las condiciones básicas para la formación de travertinos. Y este proceso, en algunos casos, puede tener su origen en actividades antrópicas.

En el Parque Natural hemos podido constatar la formación actual de travertinos asociados a antiguos molinos y a otros ingenios hidráulicos. El molino del Susto, en Benamahoma, así como uno de los molinos situados aguas abajo de esta localidad, junto al río Majaceite, o la fábrica de mantas de Mario, en la Ribera de Gaidóvar, son algunos de los ejemplos de esta asociación. En estos casos, las acequias, o caos,



Travertino del molino del Susto, Benamahoma

constituyen drenajes preferenciales del agua, que aportan pequeños volúmenes de forma casi continua; estas acequias finalizan en saltos de agua, o cubos, que permitían mover los rodenos –o la noria, en el caso del molino de Mario-, en los que ocurre la desgasificación; ello, unido a la rápida colonización por algas y musgos, permite la creación y construcción de los travertinos.

Los travertinos son de gran interés porque permiten reconstruir los ambientes coetáneos a su formación, realizar correlaciones con otros elementos morfológicos del paisaje y deducir el comportamiento hidrogeológico de los macizos calcáreos de donde proceden sus aguas. La singularidad de los travertinos en formación radica en constituir hábitats de interés prioritario (según la Directiva 92/43/CEE, del Consejo, de 21 de mayo, relativa a la conservación de los hábitats naturales y de la fauna y flora silvestre, conocida como Directiva Hábitats), con una vegetación caracterizada por la abundancia de musgos, helechos y pequeñas plantas herbáceas del género *Pinguicula*, muchas de cuyas especies son endemismos peninsulares o del Mediterráneo occidental. Estas plantas, también conocidas como grasillas, tienen un método de nutrición de tipo carnívoro: capturan pequeños insectos en la superficie pegajosa de sus hojas, que están tapizadas por pelos glandulares provistos de enzimas con las que digieren los tejidos animales y obtienen así distintos nutrientes, tan sumamente escasos en estos particulares medios.

Es también frecuente que se incorporen al travertino restos de hojas, ramas y raíces, que quedan recubiertos por sustancias viscosas o mucilaginosas, liberadas en la degradación de los restos vegetales producida por microorganismos y que sobre ellas se depositen, externamente, los cristales de calcita. Estos microorganismos (cianobacterias, algas, hongos, etc.) juegan así un importante papel en los procesos de calcificación. Como resultado de la intervención de tan variados organismos, los travertinos adquieren aspectos muy variados en un mismo emplazamiento: bien en capas finamente laminadas, formadas por tapices de algas, bien de aspecto poroso, en los que se pueden reconocer moldes de musgos, de hojas, tallos o raíces; a veces aparecen formas esferoidales, conocidos como oncolitos, de estructura interna laminada o bandeada alrededor de un núcleo, en los que una partícula ha actuado como base para la cristalización y cada lámina representa un antiguo tapiz de algas. Es también relativamente frecuente encontrar formas similares a las estalactitas, originadas alrededor de tallos de plantas, en cuyo centro suelen aparecer los huecos dejados por los tallos.

Los travertinos en formación asociados a estos antiguos ingenios hidráulicos se presentan, además, en los macizos

calcáreos poco karstificados del Parque Natural. En ellos se propicia la génesis de travertinos, ya que su menor karstificación incide en una mayor permanencia del agua en contacto con la roca caliza y, por tanto, se facilita su alta concentración en carbonatos e iones de calcio. Por el contrario, los macizos muy karstificados presentan escaso poder regulador y una alta velocidad de circulación del agua, que inhiben la formación de travertinos.



Formas pseudoestalactíticas, originadas por precipitación de carbonato cálcico alrededor de tallos. Travertino del molino del Susto, Benamahoma




La alta permeabilidad del travertino favorece la percolación del agua, pudiendo llegar a producirse fenómenos de disolución en los carbonatos anteriormente formados, posibilitando que se conviertan en no funcionales o que se formen nuevos travertinos a partir de los anteriores. Hay otras causas que también pueden paralizar la formación de travertinos: la degradación de la cubierta bioedáfica puede incrementar la turbidez del agua e impedir que se sigan precipitando los carbonatos, o la contaminación del agua, que llega a imposibilitar la presencia de microorganismos que agilizan el proceso. En el caso de estos travertinos ligados a antiguos molinos y otros ingenios hidráulicos, la destrucción de las acequias o el vertido en ellas de aguas no kársticas pueden determinar la paralización de su formación.





Itinerarios del agua

Legenda general de itinerarios




Infraestructura viaria

-  Carretera de primer orden
-  Carretera de segundo orden
-  Carretera de tercer orden





Itinerarios

-  Número de parada
-  Itinerario




Límites administrativos

-  Límite provincial
-  Núcleo de población
-  Límite del Parque Natural Sierra de Grazalema

Hidrología

-  Red fluvial
-  Embalses
-  Manantiales de caudal medio >25 l/s
-  Otros manantiales significativos

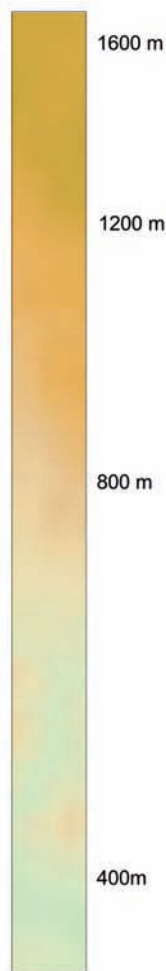
Formas kársticas

-  Polje, depresión
-  Sumideros, simas
-  Cuevas

Símbolos de interés

-  Sendero señalizado
-  Punto de información
-  Ecomuseo
-  Centro de visitantes
-  Mirador
-  Área Recreativa
-  Camping
-  Jardín Botánico
-  Salinas

Altimetría



 Vértice

ITINERARIO 1

Los Llanos del Campo - Río Majaceite

Longitud del recorrido: 7,5 km

Forma de realizarlo: A pie

Dificultad: Baja

Tiempo estimado: 4 h 30 m (sólo ida, con paradas incluidas)

Nº de paradas: 5

Descripción y características generales del itinerario:

El itinerario comienza en el área recreativa de Los Llanos del Campo, situada junto al punto kilométrico 41+400 de la carretera A-372 (a unos 3 km de Benamahoma en dirección a Grazalema). El recorrido aprovecha, en su primer tramo, el sendero de uso público denominado Arroyo del Descansadero, que parte del área recreativa y lleva hasta la localidad de Benamahoma; en este tramo se encuentra la primera parada (fuente del Descansadero). Tras atravesar Benamahoma, se llega al Nacimiento (segunda parada), en un extremo de la población. Junto al manantial se encuentra el Ecomuseo del Agua (tercera parada). Desde aquí se continúa por el camino que discurre junto al río Majaceite hasta su unión con el arroyo del Descansadero. En este punto comienza el sendero del Parque "Río Majaceite" que se sigue íntegramente hasta su final y en el que se localiza la cuarta parada (fábrica de luz). Una pista, de unos 900 m, nos conduce hasta la quinta y última parada (Molino de Abajo), ya en la localidad de El Bosque, muy próxima a la Oficina del Parque Natural y al Centro de Visitantes.



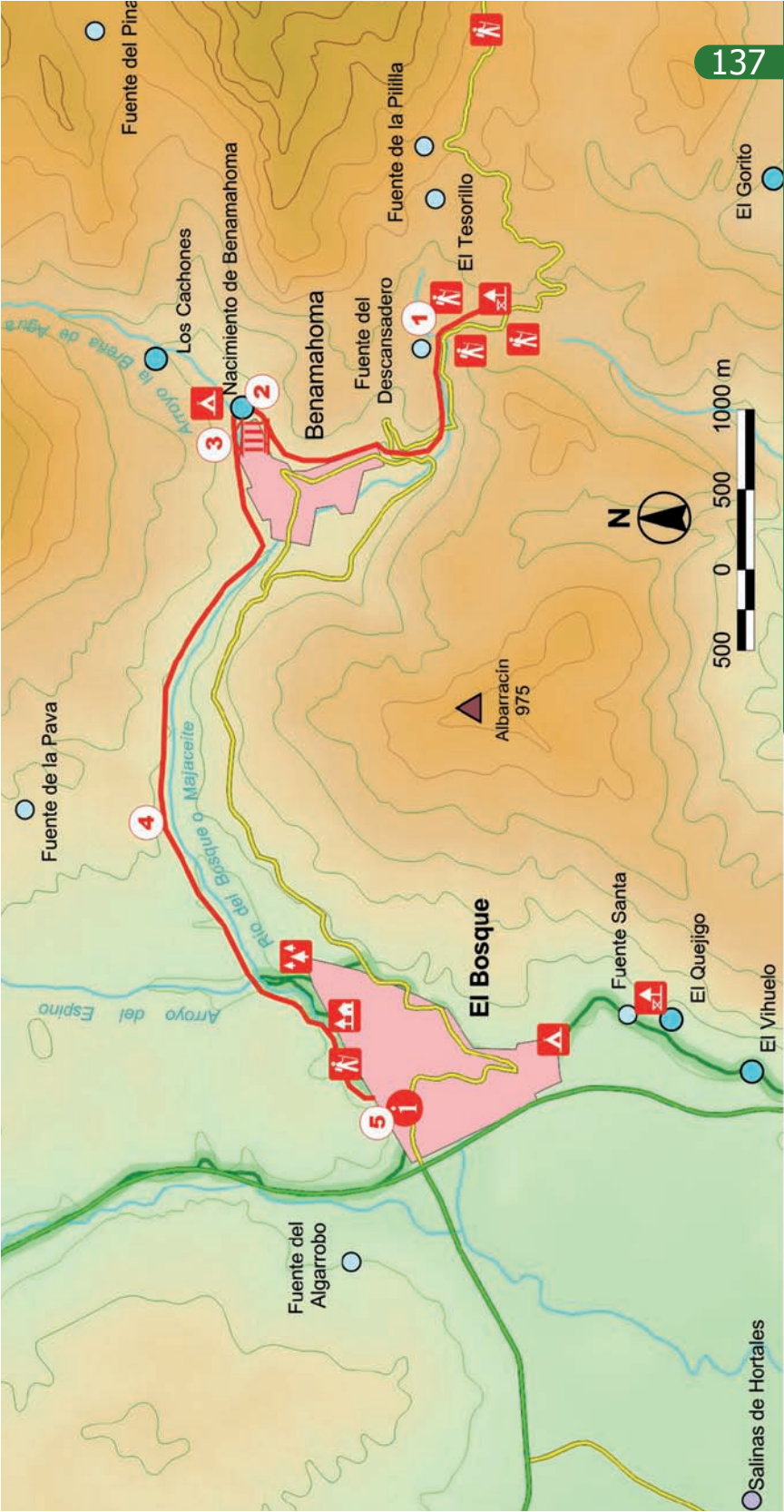
Pared formada por el río Majaceite en su tramo más encajado. A su pie, se observan los derrubios de desprendimiento

El itinerario discurre, por tanto, por dos senderos del Parque Natural y permite conocer algunas de las características del sector septentrional del acuífero de El Bosque, así como uno de los ríos más singulares del Parque, el Majaceite. El río Majaceite es el curso de agua permanente más importante del Parque Natural y conserva el mejor y más espectacular bosque de galería de los existentes. Cuatro tramos, morfológicamente bien diferenciados, pueden distinguirse a lo largo del recorrido del río Majaceite. En el primer tramo el valle es amplio y con laderas relativamente suaves, ya que discurre sobre el poco resistente sustrato formado por los materiales del Triásico (arcillas con yesos y areniscas, con algunas enclaves de ofitas, como el que se puede observar en la margen derecha, junto al Ecomuseo del Agua); aquí se asientan las conocidas huertas de Benamahoma. En el segundo tramo, de unos 600 m de longitud, el río se encaja fuertemente en las calizas y dolomías del Jurásico, originando un corto y espectacular cañón de abruptas paredes. A su salida, el río desarrolla una estrecha franja aluvial, coincidiendo con la aparición de materiales margosos en su margen izquierda. En el cuarto y último tramo el río vuelve a discurrir sobre el sustrato triásico, adquiriendo de nuevo el valle mayor amplitud y un apreciable espesor del depósito aluvial, sobre el que se instalan algunas huertas de la localidad de El Bosque.

Además de los valores naturales del río Majaceite, un aspecto debe ser especialmente destacado: el importante patrimonio hidráulico que está asociado a él. Tres paradas inciden en esta temática (Ecomuseo del Agua, Fábrica de luz y Molino de Abajo), aunque son muchos más los elementos que, de una manera u otra, aún perviven.



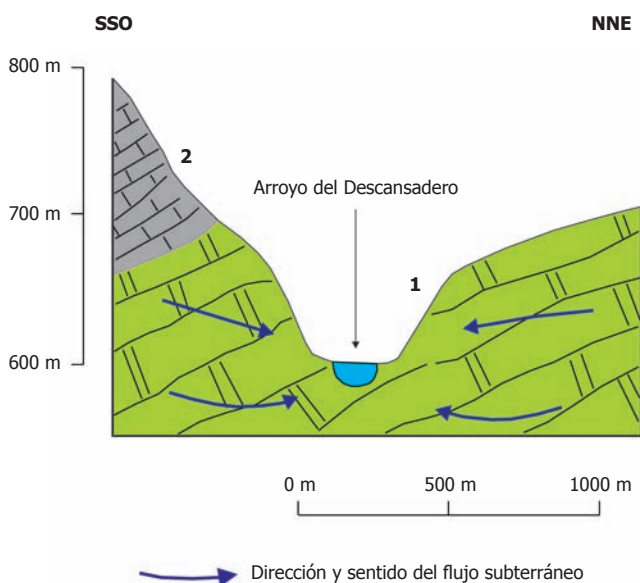
Restos de un antiguo molino-batán en el río Majaceite



Parada 1. Fuente del Descansadero

Tras recorrer unos 300 m desde el área recreativa de Los Llanos del Campo, el sendero discurre junto al arroyo del Descansadero, por su margen derecha. Ambos, arroyo y sendero, van paralelos a la carretera.

El arroyo del Descansadero es un afluente del Majaceite por su margen izquierda, en el que desemboca a la altura de la localidad de El Bosque. Varios manantiales contribuyen a la permanencia de su caudal, surgiendo algunos de ellos junto al propio cauce. En este tramo, el arroyo discurre entre dolomías jurásicas del acuífero de El Bosque y, a lo largo del mismo, se pueden observar distintos puntos de surgencia.



Esquema del funcionamiento del arroyo del Descansadero

El arroyo se comporta como una corriente ganadora, recibiendo agua del sistema hidrogeológico que atraviesa.

1: Dolomías grises y blancas del Jurásico inferior-medio

2: Calizas oolíticas, Jurásico inferior-medio

Una de estas surgencias, conocida como el manantial del Descansadero, fue captada para abastecimiento de la localidad de Benamahoma, aunque ya no se utiliza. La fuente del Descansadero se localiza unas decenas de metros aguas abajo, dentro de una pequeña área recreativa. A pesar de su

reducido caudal, es un ejemplo más de los numerosos aportes subterráneos que recibe el arroyo de los afloramientos carbonatados entre los que transita.

Como vegetación asociada al cauce y sus márgenes aparecen, entre las plantas más abundantes, zarzas, juncos, adelfas, menta, berro acuático y escrofularia, una planta de variadas propiedades medicinales.



Manantial junto al cauce del arroyo del Descansadero



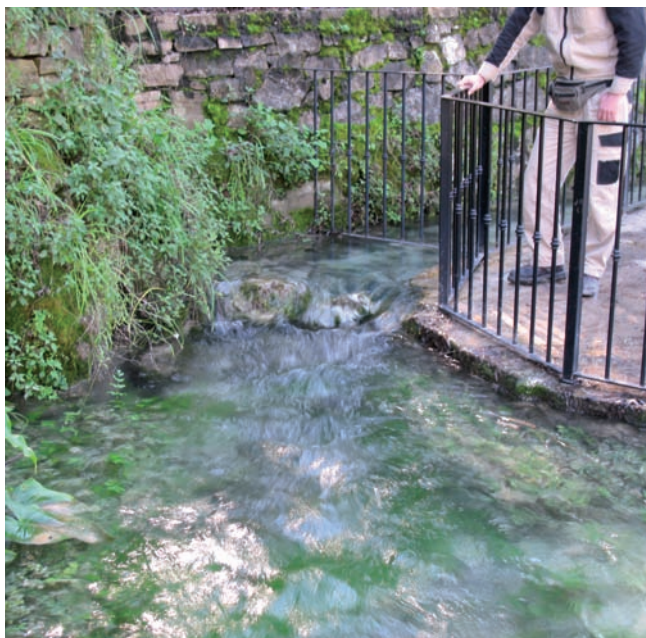
Fuente del Descansadero

El sendero, tras cruzar la carretera, continúa con un pronunciado descenso, hasta la localidad de Benamahoma. Siguiendo por la calle principal, se llega a un cruce en el que una señal indica la situación del Nacimiento de Benamahoma.

Parada 2. El Nacimiento de Benamahoma

Es un manantial muy conocido y el de mayor caudal del acuífero de El Bosque, con caudales punta de más de 600 l/s y caudales medios que superan los 350 l/s. Se sitúa en el borde septentrional del acuífero, en el contacto entre las dolomías jurásicas y los materiales de baja permeabilidad del Triásico. La proximidad de este manantial al acuífero de Pinar-Monte Prieto apunta la posibilidad de que también sus aguas representen salidas subterráneas procedentes de ese acuífero.

Sus aguas, bicarbonatadas cálcicas, han gozado siempre fama de gran calidad. Tanto es así que, en 1971, el manantial fue declarado como minero-medicinal. En 1994 se autorizó su explotación para aguas de bebida envasadas. En 2001, la Dirección General de Industria, Energía y Minas autorizó la sustitución del manantial previsto para ese aprovechamiento por el denominado sondeo Grazalema –situado muy próximo al área recreativa de Los Llanos del Campo-, para evitar la modificación del entorno natural del manantial; no hay, sin embargo, ningún indicio de que este último proyecto vaya a llevarse a cabo, aunque el sondeo sí fue realizado en su día.



El Nacimiento de Benamahoma

El agua del Nacimiento de Benamahoma tiene múltiples usos. Se utiliza para abastecimiento de la población de Benamahoma, para la piscifactoría situada a su pie –junto al río Majaceite, llamado también en este tramo arroyo de la Breña hasta su unión con el arroyo del Descansadero-, así como para el camping y la piscina municipales, y en el riego de huertas. El agua de la fuente de los Tres Chorros, situada más cerca del núcleo urbano, también procede del Nacimiento. Se ha utilizado asimismo en épocas de sequía para abastecimiento a la localidad de Grazalema, mediante su transporte con camiones cisternas.



Piscifactoría de Benamahoma, alimentada con el agua del Nacimiento

En el edificio de la piscifactoría hubo anteriormente un batán y una fábrica de sillas, esta última en funcionamiento hasta finales de los años cincuenta del pasado siglo XX. Ambas obtenían la energía para sus procesos fabriles del agua del manantial.

El itinerario continúa por un corto sendero descendente, de unos 50 m, que pasa junto a la piscifactoría y nos conduce al Ecomuseo del Agua.

Parada 3. Ecomuseo del agua

Aprovechando la estructura del antiguo molino de los Capitalistas, se encuentra este centro dedicado al agua y a su estrecha relación con el Parque Natural.

La planta baja alberga una sala que explica el edificio y sus características, otra sala se centra en los molinos del Parque Natural y en una tercera se presenta una maqueta del antiguo molino. En la planta superior se pretende un acercamiento divulgativo a muy variadas temáticas: ciclo del agua, vida y agua, aguas subterráneas y superficiales y, finalmente, la relación entre el agua, la cultura y sus distintos aprovechamientos.

En la parte trasera del edificio, muy próximo al río Majaceite, aún se puede observar el cárcavo, o bóveda en que se alojaba el rodezno.



Edificio que alberga el Ecomuseo del Agua, antiguo molino de los Capitalistas

Continúa el itinerario a espaldas del Ecomuseo, por un camino junto al río, donde una señal nos indica que el inicio del sendero "Río Majaceite" se encuentra a 700 m. En este tramo pasaremos junto a la finca "El Martinete", que aún conserva su nombre en recuerdo a la industria metalúrgica que estuvo aquí instalada, dedicada a la fundición y moldeado de piezas de cobre, en la que se aprovechaba la energía hidráulica del Majaceite.

Iniciado el sendero "Río Majaceite" encontraremos inmediatamente, a unos 150 m, un panel explicativo sobre los batanes del río. Frente al cartel, podremos ver el rodezno del antiguo molino de los Quinos, edificio que se sigue conservando en buen estado, aunque ya no se dedica a la molienda. A poco más de 500 m encontraremos otros dos edificios, éstos ya en ruinas: el Batán de Arriba y el Batán de Abajo. El primero de ellos debió ser también utilizado como molino, a tenor de la piedra de molienda que se encuentra en su interior.

Una vez finalizado el tramo encajado del río, a 2.000 m desde el inicio del sendero "Río Majaceite", llegaremos a la antigua fábrica de luz.

Parada 4. Fábrica de luz



Edificio donde se alojaba la fábrica de luz "Eléctrica de la Sierra"

Las llamadas "fábricas de luz" son pequeñas centrales hidroeléctricas que se fueron instalando progresivamente en nuestro país desde finales del siglo XIX para satisfacer la creciente demanda de electricidad. Se basan en la utilización de la energía potencial del agua para convertirla primero en energía mecánica y luego en eléctrica. A grandes rasgos, el aprovechamiento de la energía hidráulica se basa en la captación del caudal de un río y su almacenamiento en altura respecto a la central. El paso del agua desde el lugar de almacenamiento a la turbina desarrolla en la misma un movimiento giratorio, que acciona un alternador y produce la corriente eléctrica.

La fábrica de luz del río Majaceite, que se llamó Eléctrica de la Sierra, fue construida según un proyecto del año 1904, inaugurándose en 1908. Estuvo en funcionamiento hasta los años 1961-1962. La mayoría de sus componentes están muy bien conservados y constituye uno de los múltiples elementos singulares del patrimonio hidráulico ligados a este río.

Se inicia esta antigua infraestructura a unos 1.300 m aguas arriba de la central, donde se sitúa un azud, o pequeña presa, del que parte un canal de derivación realizado en hormigón. Este canal discurre desde ese punto con una muy suave pendiente, para permitir que el agua circule por gravedad, por la margen derecha del río. El canal finaliza en una cámara de carga situada a 64 metros por encima de la central. Una desviación del canal a un pequeño embalse de

unos 4.000 m³ también permitía disponer de agua de reserva.

Desde la cámara de carga sale la tubería de presión, o tubería forzada, que salta esos 64 metros hasta la central. En la central se ubicaba la maquinaria necesaria para la producción de la energía eléctrica, entre la que figuraban dos turbinas, actualmente en reparación. Los propietarios actuales tienen en proyecto la creación de un espacio dedicado a la producción de energías alternativas –solar, eólica e hidroeléctrica–, tanto para la comercialización de las mismas como para su uso como centro de visitantes.



Final del canal que transportaba el agua hasta la antigua central hidroeléctrica, 64 m por encima de ella

Desde la central hidroeléctrica hasta el final del sendero quedan unos 1.800 m, que nos permitirán seguir disfrutando del espectacular bosque de ribera del Majaceite. Al finalizar el sendero, se pasa junto a la piscifactoría de El Bosque y un albergue juvenil que fue el Molino de Enmedio. Un camino nos conduce, ya algo más alejado del río, hasta la última parada de este itinerario, el Molino de Abajo, situado en El Bosque, muy próximo al Centro de Visitantes y a la Oficina del Parque Natural.

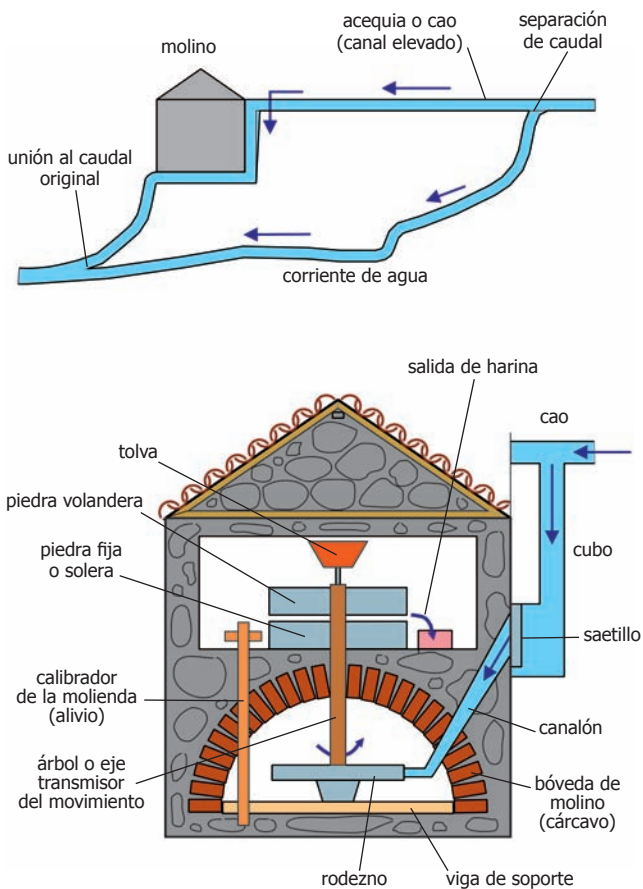
Parada 5. Molino de Abajo

El Molino de Abajo es un molino harinero que data del siglo XVIII. Reconvertido en espacio museístico, se encuentra en perfecto estado de conservación y mantiene su estructura original, permitiendo mostrar su funcionamiento tal como lo hacía originalmente. Cuenta asimismo con un taller para la elaboración de pan.



Cao del Molino de Abajo

El molino es movido por la energía hidráulica del río Majeite, que llega tras recorrer un cao, o acequia, de 500 m de longitud. El cao transcurre actualmente bajo tierra desde el antiguo Molino de Enmedio hasta pocos metros antes de llegar al Molino de Abajo, aunque hace años se encontraba enteramente a ras de suelo, aprovechándose también como lavadero.



Esquema del funcionamiento de un molino hidráulico e identificación de sus componentes

Al llegar al molino, tras abrir la compuerta de entrada, el agua cae por un desnivel de 6 m, denominado *cubo*, con lo que el agua transmite su energía a una serie de cucharas unidas a un eje vertical, el *rodezo*, que permite poner en movimiento a las piedras del molino. El *cárcavo* es el hueco, normalmente en forma de bóveda, donde se aloja el rodezo; una vez movido éste, el agua es devuelta al cauce. La compuerta de entrada de agua, o *saetillo*, se acciona mediante una cadena.

La piedra superior, o *volandera* -colocada sobre una piedra fija, la *solera*- se pone en movimiento y va molturando el trigo que cae desde la tolva. Según la proximidad de las piedras, se obtiene una harina más o menos fina. La separación de las piedras se controla mediante un *tornillo*, que permite que la viga de soporte suba o baje la piedra volandera.



Interior del Molino de Abajo. En la parte superior se aprecia la tolva. Por debajo de ella, aparecen las piedras de molienda, cubiertas con madera

ITINERARIO 2

Del Embalse de Zahara a la Garganta Verde

Longitud del recorrido: 8,2 km

Forma de realizarlo: En coche (6,2 km) y a pie (2 km)

Dificultad: Media

Tiempo estimado: 3 horas (sólo ida, con paradas incluidas)

Nº de paradas: 3

Descripción y características generales del itinerario:

El itinerario propuesto recorre una parte del extremo septentrional del Parque y permite adentrarnos en uno de sus elementos naturales y paisajísticos más singulares: la Garganta Verde.

El itinerario comienza en la presa de Zahara – El Gastor (primera parada), punto desde el que se contempla una muy buena panorámica del propio embalse y de algunos aspectos característicos de este sector del Parque Natural. Se continúa, tras sobrepasar la localidad de Zahara de la Sierra, por la carretera CA-9104 en dirección a Grazalema hasta el punto kilométrico 13+200, donde se sitúa la fuente del Altabacar (segunda parada). Se sigue por esta misma carretera hasta el p.k. 10+000 –unos 300 m antes de llegar al Puerto de los Acebuches-, donde se aparca el vehículo y se inicia a pie el sendero público de la Garganta Verde hasta su finalización en la Cueva de la Ermita (parada 3).

El sendero de la Garganta Verde discurre por la Zona de Reserva, por lo que es necesario solicitar autorización al Parque Natural. Este sendero es relativamente corto y en descenso hasta su finalización, pero hay que tener en cuenta que habrá que afrontar un duro desnivel a la vuelta. La estimación del tiempo de recorrido por la Garganta Verde, ida y vuelta, es de unas 3 horas y media.



Parada 1. Embalse de Zahara

La parada se localiza en el punto kilométrico 5+200 de la carretera A-2300 (de Algodonales a Zahara), en la propia presa de Zahara – El Gastor. La presa, inaugurada en 1991, está situada sobre el río Guadalete, a unos 19 km de su nacimiento en las proximidades del Puerto del Boyar. Se trata de una presa de planta recta, formada por materiales sueltos (material de acarreo y espaldones de escollera) con un núcleo central de arcilla. Tiene una altura de 85 m desde la cota de cimentación, una longitud de coronación de 420 m y una anchura en coronación de 12 m.



Vista, desde la presa de Zahara-El Gastor, del cerro en que se levanta Zahara de la Sierra y, a su izquierda, del área montañosa de Los Espartales (sector septentrional del acuífero Pinar-Monte Prieto)

Además de actuar como obra de regulación del río Guadalete, su principal uso es el riego de unas 4.000 hectáreas en los Llanos de Villamartín, situados aguas abajo. Esta presa, junto con las de Bornos y Arcos en el río Guadalete, así como las de Los Hurones y Guadalcaçín –en su principal afluente, el Majaceite- componen las obras de regulación actualmente existentes en la cuenca. El embalse a que da lugar también se usa para pesca y deportes náuticos.

La presa recoge las aguas de una cuenca alimentadora de 129 km², formando un embalse con una capacidad de 223

hm³ y una superficie de 723 hectáreas. Un aspecto importante a destacar, desde el punto de vista hidrogeológico, es que buena parte de las aportaciones recibidas por este embalse corresponden a salidas de aguas subterráneas provenientes de los acuíferos Escamas del Corredor del Boyar y, sobre todo, Pinar-Monte Prieto, sobresaliendo el caudal proporcionado por la surgencia de Arroyomolinos.

La cerrada donde se localiza la presa está formada por las Areniscas del Aljibe, entre las que se intercalan niveles margosos, mientras que su vaso está situado, principalmente, sobre arcillas triásicas con yesos, con niveles y bolsadas de sal común en profundidad. El embalse, de hecho, cubrió los



Cerro Lagarín y embalse de Zahara, vistos desde la presa

manantiales salinos de Ventas Nuevas, situados en la margen derecha del Guadalete, en los que la sal fue explotada desde la época de los romanos.

Frente a nosotros, al sur, se encuentra el peñón donde se levanta Zahara de la Sierra y, a su izquierda, el área montañosa de Los Espartales, correspondiente al sector septentrional del acuífero Pinar-Monte Prieto. En la otra margen del embalse, a nuestra izquierda, se distingue claramente otro hito paisajístico- ya fuera del Parque-, el cerro Lagarín (1.067 m) y otro casi simétrico, situado 1 km al sur del anterior, de 1.039 m de altitud. El peñón de Zahara es un relieve residual en dolomías triásicas, fuertemente erosionado en su entorno,

auténtica atalaya septentrional del Parque y balcón sobre el valle del Guadalete y el embalse de Zahara; la evolución de este relieve ha provocado deslizamientos y desprendimientos de roca, aún observables en sus alrededores. Las elevaciones de Lagarín se corresponden con dolomías, calizas con sílex y calizas oolíticas jurásicas apoyadas sobre un sustrato triásico.



Embalse de Zahara, desde las inmediaciones de Zahara de la Sierra. En la margen izquierda del embalse, se distinguen unas arcillas rojas pertenecientes a la formación "arcillas con bloques"

Además del privilegiado emplazamiento del embalse y el paisaje que su lámina de agua proporciona, es destacable la interesante avifauna asociada a este humedal: somormujo lavanco, zampullín cuellinegro, cormorán grande, garza real, águila pescadora y focha común, todas ellas especies invernantes; alguna estival, como el chorlito chico, y ocasional, como la gaviota patiamarilla y el martinete común; y otras residentes, como el ánade azulón, la gallineta común, el martín pescador o la lavandera cascadeña.

El itinerario sigue por la carretera A-2300 a lo largo de la presa; una vez sobrepasada ésta y antes de llegar a Zahara de la Sierra, continuamos en el primer cruce a la derecha por la carretera CA-9104 que nos conduce a esta población y a Grazalema. Esta pequeña carretera de montaña discurre a media ladera y proporciona muy buenas vistas del embalse de Zahara. La parada se sitúa en el p.k. 13+200, junto al molino de aceite del Vínculo.

Parada 2. Fuente del Altabacar

La fuente del Altabacar es una pequeña surgencia situada en el borde oriental del acuífero Zafalgar-Labradillo. A pesar de su reducido volumen, no llega a secarse ni siquiera en verano. Sus aguas son muy apreciadas entre los vecinos de



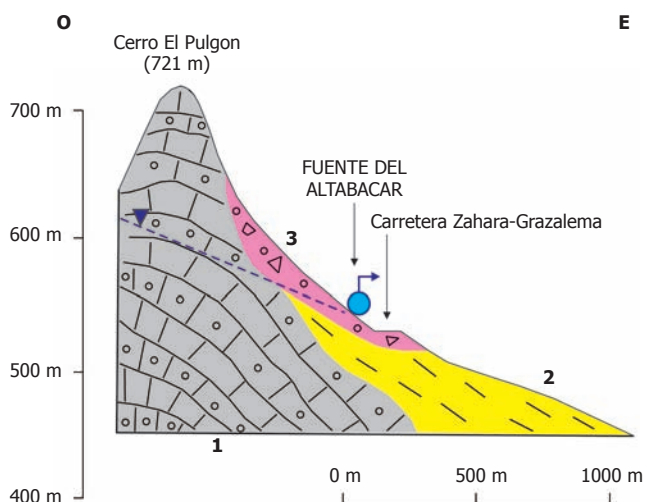
Vista de conjunto de la fuente del Altabacar

Zahara, de las que dicen que poseen propiedades curativas para enfermedades del riñón. Es, por ello, relativamente frecuente observar cómo muchos de estos vecinos se acercan a la fuente a llenar aquí garrafas y botellas.



Recogiendo agua en la fuente del Altabacar

El agua surge a través de los depósitos coluviales, formados por una matriz limo-arenosa fina y cantos y bloques angulosos calizos, que cubren en este sector una alternancia de calizas, calizas nodulosas, margas y calizas con sílex del Jurásico medio-superior. El manantial se localiza, precisamente, en el contacto entre estos materiales jurásicos -de permeabilidad media por fracturación y una escasa karstificación- con las margas y margocalizas blancas cretácicas, prácticamente impermeables, que aparecen al otro lado de la carretera.



Esquema hidrogeológico de la fuente del Altabacar

- 1: Alternancia de calizas, calizas nodulosas, margas y calizas con sílex (Jurásico medio-superior)
- 2: Margas y margocalizas blancas (Cretácico superior)
- 3: Coluvial formado por cantos y bloques calizos en matriz limo-arenosa (Cuaternario)

Se continúa por la carretera CA-9104, que sigue por el borde oriental del acuífero Zafalgar-Labradillo y corta los coluviones situados al pie del cerro El Pulgón (721 m) y, más adelante, los materiales carbonatados jurásicos, hasta llegar al p.k.10+000. En este lugar hay un aparcamiento donde se deja el coche, comienzo del sendero de la Garganta Verde. Muy próximo a este punto, unas decenas de metros hacia el sur, se puede observar el afloramiento de arcillas con areniscas y yesos del Triásico, que representan la separación entre este acuífero y el de Pinar-Monte Prieto.

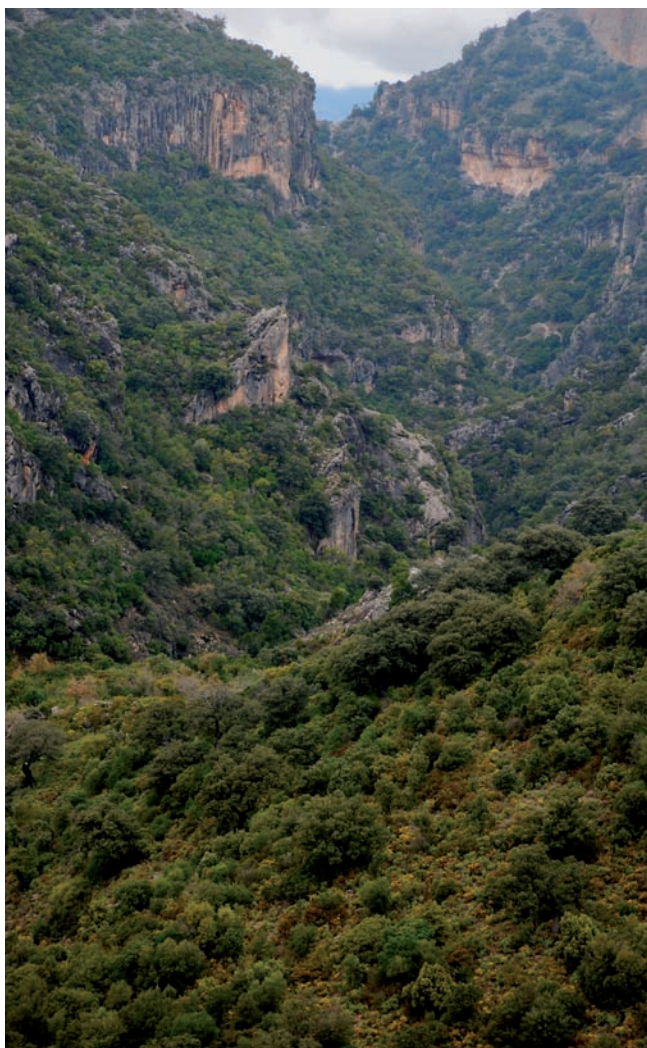
Parada 3. Garganta Verde

La Garganta Verde es un impresionante cañón de paredes muy abruptas, que llegan a alcanzar en algunos puntos cerca de 400 metros de altura. Con una longitud de unos 2,5 km, la Garganta está excavada por el arroyo de Bocaleones, arroyo que nace de la confluencia de otros dos procedentes de la vertiente septentrional de la Sierra del Pinar: el arroyo del Pinar y el arroyo de los Ballesteros. Ambos arroyos atraviesan el acuífero de Pinar-Monte Prieto, donde reciben las aportaciones de la elevada precipitación que se produce en esa ladera norte de la Sierra del Pinar –que puede llegar a ser superior a los 2.600 mm en años medios- y de distintos manantiales que surgen en su seno a favor de fracturas y en el contacto entre materiales de distinta permeabilidad.



Arroyo del Pinar, en las proximidades del sendero de los Llanos del Rabel. Es el principal arroyo que da origen, tras su unión con el de los Ballesteros, al arroyo de Bocaleones

Tras la unión de estos dos arroyos para formar el arroyo de Bocaleones, el cauce va perdiendo agua por la elevada permeabilidad del sustrato carbonatado por el que discurre, con lo que el arroyo tiende a permanecer seco durante gran parte del año. Aguas abajo, sin embargo, hacia la finalización del cañón, hay distintas emergencias de agua correspondientes al acuífero de Zafalgar-Labradillo, que surgen en los puntos en que el cauce intercepta el nivel freático de este acuífero. Las más importantes son los manantiales de Bocaleones, situados en la zona de Los Bramaderos, en la que finaliza el cañón y el arroyo de Bocaleones se une con la Garganta Seca, arroyo que discurre enteramente por el acuífero de Zafalgar-Labradillo.



La Garganta Verde, vista desde la carretera de Zahara de la Sierra a Grazalema

El sendero de la Garganta Verde está señalado desde su inicio y, en las zonas de mayor inclinación que nos conducen al fondo del cauce, adecuado mediante la instalación de tramos con barandillas. El camino, tras atravesar una cancela y dejar a la izquierda una fuente, discurre durante su primer kilómetro por un terreno de suave pendiente; los materiales que forman el sustrato están formados por una alternancia de calizas con sílex, margas y calizas nodulosas del Jurásico superior.



Calizas con sílex junto al sendero, en su tramo de menor pendiente

Una vez que se inicia el descenso, se comienza a apreciar la espectacularidad del cañón, labrado sobre calizas y dolomías del Jurásico inferior-medio. En ambas paredes, podemos distinguir, a diferentes alturas, concavidades en la roca a modo de abrigos, más pronunciadas hacia las partes bajas. En estos abrigos se conservan, sobre todo en su techo, espeleotemas con distinto grado de desarrollo. A sólo 25 metros por encima del cauce, en la pared opuesta del cañón, se aprecia un abrigo muy marcado de forma elíptica.

Llegados al cauce del Bocaleones, se observan los grandes bloques y cantos redondeados que cubren el lecho. La vereda se pierde momentáneamente, pero de frente un hito nos indica la dirección a seguir: hay que cruzar el arroyo y continuar por la margen opuesta. A los pocos metros, pasamos junto un abrigo con los espeleotemas muy degradados, situado a unos 5 m por encima del cauce. Siguiendo por el cauce del arroyo alcanzamos otro abrigo de grandes dimensiones, prácticamente al nivel del cauce, con estalactitas y grandes estalagmitas: es la Cueva de la Ermita, fin del sendero de la Garganta Verde. A partir de aquí comienza la travesía integral del cañón, que es necesario realizar con técnicas y material adecuado de barranquismo, ya que aparecen saltos de hasta 8 m de altura, pozas y puntos donde el chorreo del agua es casi permanente.



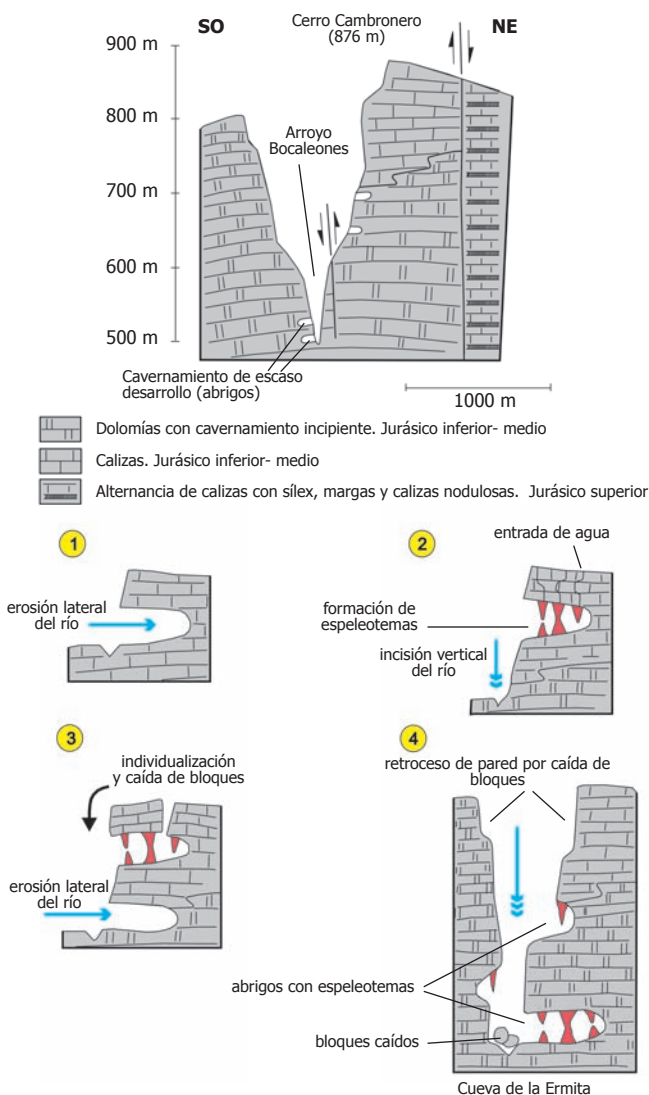
Estalagmita de gran tamaño en el interior de la Cueva de la Ermita

A pesar de que los cañones se encuentran en numerosos tipos de rocas, son más frecuentes y pronunciados en rocas carbonatadas. Los mecanismos básicos de su formación, y posterior preservación, en calizas y dolomías, están determinados por varios factores: las diaclasas y fracturas de la roca favorecen la incisión lineal a partir de aguas con capacidad tanto de disolver como de producir abrasión; la pronunciada infiltración y la escorrentía reducida minimizan la degradación de las laderas, mientras que los desprendimientos en sus paredes tienden a ensanchar los valles y a moderar, hasta cierto punto, su verticalidad, permitiendo mantener su morfología básica. Una forma exclusiva de los cañones en rocas carbonatadas es la aparición de auténticas cuevas de meandro, generadas en la parte exterior de los mismos por combinación de procesos de disolución y erosión mecánica lateral de la corriente. Los abrigos que aparecen en la Garganta Verde, a distintas alturas, representan diferentes niveles de cuevas de meandro, formadas en las sucesivas etapas de encajamiento del arroyo.



Calizas jurásicas, vistas desde el fondo de la Garganta Verde, una vez sobrepasada la Cueva de la Ermita

Las observaciones realizadas, en el contexto geológico y geomorfológico en que se localiza la Garganta Verde, permiten formular un modelo de evolución del cañón, representado en la figura adjunta. A partir del inicio de la incisión vertical, se produce una primera cueva de meandro por erosión lateral del río, que se corresponde con los abrigos más altos actualmente existentes (etapa 1). La entrada de agua por encima de esta cueva facilita la formación de espeleotemas en su interior, mientras que la incisión vertical la aleja en altura del



Modelo evolutivo de la Garganta Verde

cauce (etapa 2). La estabilización en el encajamiento propicia la erosión lateral y la formación de un nuevo nivel de cuevas, al tiempo que se facilita la inestabilidad en el anterior nivel de abrigos (etapa 3). La sucesión de procesos de encajamiento, estabilización con formación del correspondiente nivel de cuevas de meandro y la caída de bloques van ensanchando el cañón por retroceso de sus paredes (etapa 4), hasta alcanzar una morfología similar a la que actualmente puede apreciarse. La falla situada en las inmediaciones del cauce parece, por otra parte, haber determinado el trazado por el que discurre el cauce.



La Garganta Verde, vista hacia aguas arriba, al inicio del descenso hacia su cauce

La Garganta Verde, un punto de destacado interés geológico y geomorfológico, es también de extraordinario interés por la fauna y flora que alberga. Aquí nidifica una de las colonias de buitres leonados mayores de Europa, pudiendo verse numerosos ejemplares sobrevolando el cañón o posados en los farallones. Otras aves también habitan o frecuentan los roquedos del cañón, como el avión roquero, el halcón peregrino, la chova piquirroja, la collalba negra, el colirrojo tizón o el roquero solitario. La vegetación del fondo del cañón es exuberante, con una elevada presencia de higueras, laureles, almeces y adelfas, bajo la que crece un sotobosque muy variado compuesto por rusco o arrayán salvaje, acanto y vinca. En las zonas de rezumes y junto a las de mayor humedad o paso de agua son frecuentes los musgos y hepáticas y distintos tipos de helechos, como el culantrillo de pozo y la doradilla.

ITINERARIO 3

Puertos de las Presillas y del Boyar. Cabecera del Guadalete

Longitud del recorrido: 6,4 km

Forma de realizarlo: A pie

Dificultad: Media

Tiempo estimado: 5 horas (con paradas incluidas; itinerario circular)

Nº de paradas: 4

Descripción y características generales del itinerario:

Este itinerario circular se adentra en el corazón del Parque Natural, la Sierra del Endrinal, a través de un recorrido que rodea ampliamente una de las elevaciones más características de este sector, el Peñón Grande. El sendero parte junto a la carretera El Bosque – Grazaema (A-372), en las inmediaciones de esta última localidad. Tras una pronunciada subida por el sendero del Llano del Endrinal, se bordea esta depresión kárstica hasta alcanzar el Puerto del Endrinal (parada 1). Desde aquí, se continúa junto al Llano del Endrinal, remontando una vaguada en dirección suroeste, para llegar al Puerto de las Presillas (parada 2). Una vez en este puerto, el camino cambia de dirección y toma rumbo norte, para descender hacia el Puerto del Boyar (parada 3). En las inmediaciones del Puerto del Boyar se toma el sendero de uso público Los Charcones, que discurre junto al río Guadalete (parada 4) y finaliza en la carretera A-372, a unos 300 m del aparcamiento en que se inició el recorrido.

El itinerario es un típico recorrido de media montaña, por lo que conviene llevar el equipamiento adecuado y proveerse de agua y comida. No es aconsejable realizarlo en días de niebla.

La Sierra del Endrinal, que culmina en las cumbres del Reloj (1.535 m) y Simancón (1.569 m), está formada por un potente domo de calizas jurásicas, con una estructura geológica aparentemente sencilla, con suaves anticlinales y sinclinales orientados entre direcciones Norte-Sur a Noreste-Suroeste, de recorrido kilométrico. Estos pliegues quedaron posteriormente trastocados e interrumpidos por fracturas tardías que dieron lugar a movimientos de bloques en la vertical. La disposición estructural, el alto grado de fracturación de los materiales y los cambios climáticos acontecidos en el Cuaternario han originado una gran variedad de morfologías kársticas, a muy diferentes escalas, que reflejan una compleja historia evolutiva.



Parada 1. Puerto del Endrinal

El vehículo se deja en el aparcamiento del camping Tajo Rodillo, junto al pueblo de Grazalema, al pie del Peñón Grande. Siguiendo por la carretera de El Bosque a Grazalema, unos 100 m en dirección a esta última localidad, encontramos el cartel que indica el inicio del sendero del Llano del Endrinal. Durante la fuerte, aunque corta, subida podremos divisar –de espaldas a la dirección que llevamos- el Tajo de la Ermita, o Peñón Gordo, relieve calcáreo perteneciente a las Escamas del Corredor del Boyar.



Aparcamiento al pie del Peñón Grande

Culminada la subida, se penetra en un pinar por el que el sendero va prácticamente sin pendiente, al borde del Llano del Endrinal, hasta llegar a una zona despejada en que se encuentra el Puerto del Endrinal. Una señalización nos indica la dirección y el tiempo para llegar al Puerto del Boyar (1,30 h), al camping de Grazalema (1h) - por el camino que hemos venido- y a Grazalema (30 min.), camino que si tomáramos nos dejaría también en el aparcamiento, descendiendo junto al Peñón Grande.

Durante la subida inicial de este recorrido y en el tramo que bordea el Llano del Endrinal, se aprecia el variado tipo de formas esculpidas en la superficie de la roca, el lapiaz. Son una de las morfologías más llamativas que se producen por la disolución de las calizas en áreas kársticas y aparecen muy bien representadas en toda la Sierra del Endrinal. Entre los diferentes tipos de lapiaz, son muy características en este tramo las formas denominadas *kamenitzas*, o cuencas de disolución, que se presentan en superficies horizontales y suelen oscilar alrededor de las varias decenas de centímetros en diámetro y profundidad; también sobre superficies horizontales encontramos lapiaces oquerosos, en los que los huecos presentan en planta una forma aproximadamente elíptica y menores dimensiones que los anteriores. Ambos tipos de lapiaz se consideran originados bajo cobertera edáfica, con una disolución lenta, en la que el CO_2 biogénico ha jugado un importante papel. Como resultado de ello, se producen formas redondeadas y suaves al tacto, a diferencia de lo que ocurre en los lapiaces libres o descubiertos de suelo.



Kamenitza, o cuenca de disolución, forma de lapiaz generada bajo cobertera edáfica

Asimismo aparecen otros tipos de lapiazes formados sin cubierta edáfica, o lapiazes libres. En este mismo entorno hay lapiazes escalonados, a los que se les atribuye una génesis por disolución bajo nieve; lapiazes estructurales, generados a partir de discontinuidades tectónicas o estratigráficas de la roca; o las denominadas ondulaciones de disolución (*solution ripples*, en inglés): se trata, en este caso, de formas de pequeñas dimensiones, caracterizadas por el desarrollo de crestas que se orientan perpendiculares a la pendiente, cuyo origen se relaciona con la acción de flujos laminares sobre la superficie desnuda de la roca.

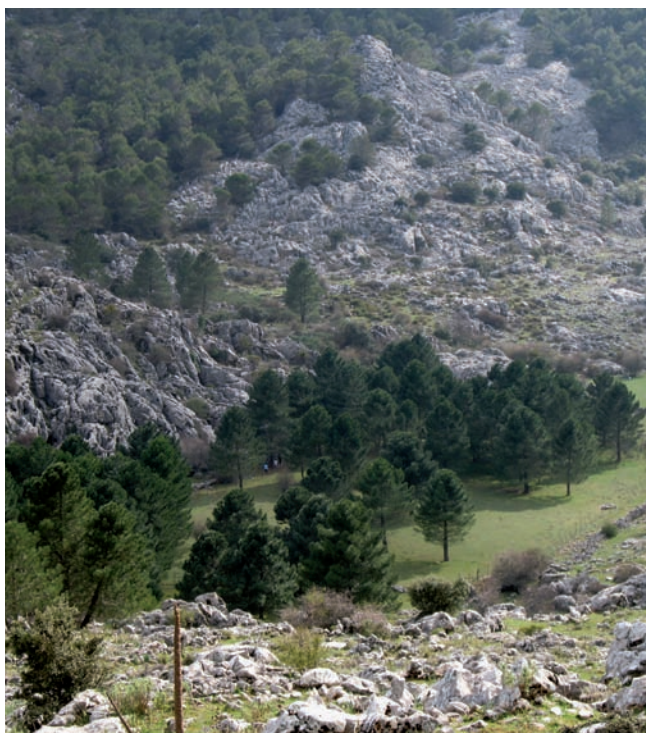


Lapiaz oqueroso



Ondulaciones de disolución, formadas por flujo sin canalizar en afloramientos calcáreos sin cobertera edáfica

Desde el Puerto del Endrinal se aprecia claramente la depresión kárstica donde se instalan los Llanos del Endrinal. Este polje, situado a unos 1.100 m de altitud, tiene una forma aproximadamente triangular y una superficie de unos 0,3 km². Su borde occidental coincide con el accidente tectónico –de dirección NNE-SSO- que separa los dos acuíferos que se distinguen en la Sierra del Endrinal: el acuífero del Hondón, al oeste, y el de Endrinal, al este. Tiene por tanto, aunque sólo parcialmente, un claro condicionamiento estructural. De su fondo, sobresale un relieve residual, o *hum*, un resto rocoso que no ha sufrido aplanamiento.



Vista parcial del polje del Endrinal

Siguiendo la dirección indicada en la señalización hacia el Puerto del Boyar, continuamos el itinerario remontando la vaguada generada por el cabalgamiento que separa los dos acuíferos durante 1,5 km, lo que nos permite tomar una buena perspectiva sobre el vértice suroccidental del polje. Al finalizar la vaguada, el sendero gira a la derecha y se llega al Puerto de las Presillas. Este tramo supone un tiempo de entre 30 y 45 minutos.

Parada 2. Puerto de las Presillas

Poco antes de llegar al Puerto de las Presillas, finalizando la subida de la vaguada, encontramos a nuestra izquierda los restos de un antiguo pozo de nieve, el pozo de las Presillas. Es una excavación circular con un revestimiento de piedra caliza, en el que se acumulaba la nieve de primavera, compactándola con mazos hasta darla consistencia de hielo; cuando se alcanzaba cierto espesor, se cubría con ramas y hojas secas, y posteriormente con tierra; de esta forma, la nieve se conservaba hasta la llegada del calor. Se sabe poco sobre del comercio de la nieve en el Parque Natural, aunque ha sido muy estudiado en la cercana Sierra de las Nieves. Debió tener, no obstante, cierta importancia en los siglos XVII y XVIII. En el Parque Natural, además de éste y el situado en sus inmediaciones –el pozo de la Nieve-, también hubo pozos en las faldas del San Cristóbal –en la Sierra del Pinar-, y en la Sierra del Palo, donde aún se conservan los restos de, al menos, ocho de ellos.



Pozo de nieve de las Presillas

Desde el Puerto de las Presillas, siguiendo unos 300 metros hacia el norte, en dirección al Puerto del Boyar –indicado con una nueva señal-, veremos a nuestra izquierda unas espectaculares formas de lapiaz, en forma de grandes pináculos o torrecillas de punta redondeada.

El lapiaz se distribuye rodeando una dolina y sobre los propios pináculos se presentan otras formas menores de lapiaz, como lapiaces oquerosos y en regueros, con crestas a veces muy agudas.

La gran variedad de formas de lapiaz, y su distinto grado de desarrollo, están condicionadas por diversos factores, entre los que destacan el tipo y cantidad de precipitación, la naturaleza de las rocas carbonáticas, la pendiente del afloramiento y sus discontinuidades, así como la vegetación existente y el desarrollo o ausencia de una cubierta edáfica. Además, el dilatado periodo al que han estado expuestos estos afloramientos, con importantes variaciones climáticas a lo largo del Cuaternario, ha permitido la presencia de formas que indican condiciones genéticas diferentes en un espacio relativamente reducido, tal como se puede apreciar en este recorrido por la Sierra del Endrinal.



Lapiaz en grandes pináculos, o torrecillas, redondeados

El itinerario sigue hacia el norte por el sendero que se dirige al Puerto del Boyar, al que se llega en poco más de media hora. En este tramo, desde el Puerto de las Presillas hasta iniciar el pronunciado descenso, se disponen de unas magníficas vistas de la Sierra del Pinar.

Parada 3. Puerto del Boyar

Al llegar al merendero del Boyar, saldremos a la carretera, donde a 100 metros a la izquierda se encuentra el mirador del Puerto del Boyar. Situado a 1.103 m de altura, permite divisar un amplio paisaje en el que se diferencian distintas unidades morfológicas características de este sector del Parque Natural.

A la izquierda se distingue perfectamente la profunda entalladura del Salto del Cabrero. Se trata de una forma de origen estructural, en que cada uno de los paredones calizos se corresponde con sendos planos de fallas prácticamente verticales, separadas por una distancia de escasos cien metros.



Panorámica desde el Puerto del Boyar. En primer plano, el Salto del Cabrero; por detrás, la Sierra de la Silla

En la prolongación del Salto del Cabrero a través de esas fallas se sitúa el manantial de El Hondón, el más caudaloso del acuífero del mismo nombre, formado por calizas jurásicas del Subbético Interno, o Penibético, muy fracturadas y karsificadas.

Por detrás de él, al fondo, se eleva la Sierra de la Silla, con su prolongación hacia el norte (a la derecha) en el Higue-rón de Tavizna, redondeado cerro de 735 m de altura. Este conjunto forma el acuífero de la Silla, constituido por dolomías, calizas, margocalizas y calizas margosas del Jurásico, pertenecientes al Subbético Medio. La peculiar forma en silla de montar de esta sierra es consecuencia de su disposición estructural: un sinclinal en la dirección de la sierra cuyos extremos están inclinados hacia su interior.

A su derecha, también en segundo plano, se encuentra la Sierra de Albarracín, que da origen al acuífero de El Bosque.

Este acuífero se desarrolla también sobre formaciones carbonatadas jurásicas del Subbético Medio (dolomías y calizas, margocalizas y alternancias de calizas, margas y calizas margosas), con una compleja estructura debido a la superposición de cabalgamientos y pliegues e importantes fracturas.

Inmediatamente a nuestra derecha, contemplamos la Sierra del Pinar, que forma parte del acuífero Pinar-Monte Prieto. La Sierra del Pinar, incluida igualmente en el dominio del Subbético Medio, está formada por dolomías brechoides del Jurásico inferior, cuya estructura general responde a la de un gran anticlinorio.



Vertiente meridional de la Sierra del Pinar, vista desde el Puerto del Boyar. La mancha densa de vegetación está formada por pinos de repoblación

Los acuíferos del Subbético Medio, como los que divisamos desde el mirador (La Silla, El Bosque y la Sierra del Pinar) presentan un bajo grado de karstificación, debido a la inclusión en sus series de materiales generalmente menos karstificables, como calizas margosas, margocalizas o dolomías, en contraste con los acuíferos del Penibético (Hondón, Endrinal, Ubrique y Líbar) en que la mayoritaria presencia de rocas calizas de gran espesor ha permitido un importante y llamativo desarrollo de la karstificación.

A nuestros pies, bajo el mirador, discurre el arroyo de la Garganta del Boyar, que da origen al río Tavizna, afluente por la izquierda del río Majaceite a la altura del embalse de Los Hurones. En sentido contrario, a nuestra espalda, drena el río Guadalete, que tiene su nacimiento en las inmediaciones de este punto. El Puerto del Boyar se constituye, así, en el nudo hidrográfico a partir del que divergen estos importantes ríos que nacen en el Parque Natural.

Parada 4. Cabecera del Guadalete

Volvemos de nuevo al merendero del Boyar, donde comienza el sendero público de Los Charcones, que discurre durante 1.800 metros por la cabecera del Guadalete, en un recorrido sin dificultad que nos lleva en unos 40 minutos a las proximidades del aparcamiento.



Río Guadalete

El río Guadalete tiene su nacimiento unas decenas de metros aguas arriba del merendero y discurre, hasta la localidad de Grazalema, a favor de los materiales blandos existentes en el Corredor del Boyar.

Este corredor forma una estrecha banda de unos 7 km entre las sierras del Pinar y del Endrinal, marcando el límite entre el Subbético Medio y el Subbético Interno. Es una depresión de origen estructural formada a consecuencia de un importante desgarre. De gran complejidad geológica, incluye unidades muy diversas en procedencia y génesis, con formaciones plásticas y blandas (arcillas y yesos triásicos, flyschs cretácicos, materiales margo-arenosos del Cretácico y Terciario, etc.) y resistentes materiales calcáreos, del Jurásico al Paleoceno, que responden a una estructura en escamas (láminas sucesivas de materiales desplazados y apilados por cabalgamientos). Cada escama presenta una serie estratigráfica propia, en que los materiales permeables, principalmente calizas jurásicas y calizas detríticas paleocenas, dan lugar a un acuífero reducido y muy compartimentado; sus límites impermeables, variables según la escama considerada, suelen ser las arcillas triásicas y los flyschs cretácicos y terciarios.



Afloramiento de flysch de arcillas y areniscas, junto al sendero de Los Charcones

El río Guadalete recibe, además del aporte del agua de lluvia, el caudal de algunos manantiales situados en el Corredor del Boyar. Son pequeños manantiales temporales, que llegan a secarse en periodos de estiaje; el río Guadalete, en su tramo de cabecera, corre similar suerte en verano, quedando la presencia del agua reducida a unas charcas –de ahí el nombre del sendero- a lo largo de su cauce, desconectadas entre sí. La vegetación de ribera, como es habitual en estos cauces temporales, está formada fundamentalmente por adelfas.

Al finalizar el sendero, encontramos dos sondeos, uno de ellos fuera de servicio, para abastecimiento de la población de Grazalema a partir del agua subterránea del acuífero formado por las Escamas del Boyar.



Caseta que alberga un sondeo en explotación, para abastecimiento a la localidad de Grazalema, junto al sendero de los Charcones

ITINERARIO 4

Manga de Villaluenga - Llanos del Republicano

Longitud del recorrido: 11,2 km

Forma de realizarlo: En vehículo (5,6 km) y a pie (5,6 km)

Dificultad: Baja

Tiempo estimado: 6 h (ida y vuelta, con paradas incluidas)

Nº de paradas: 7 (la última, opcional)

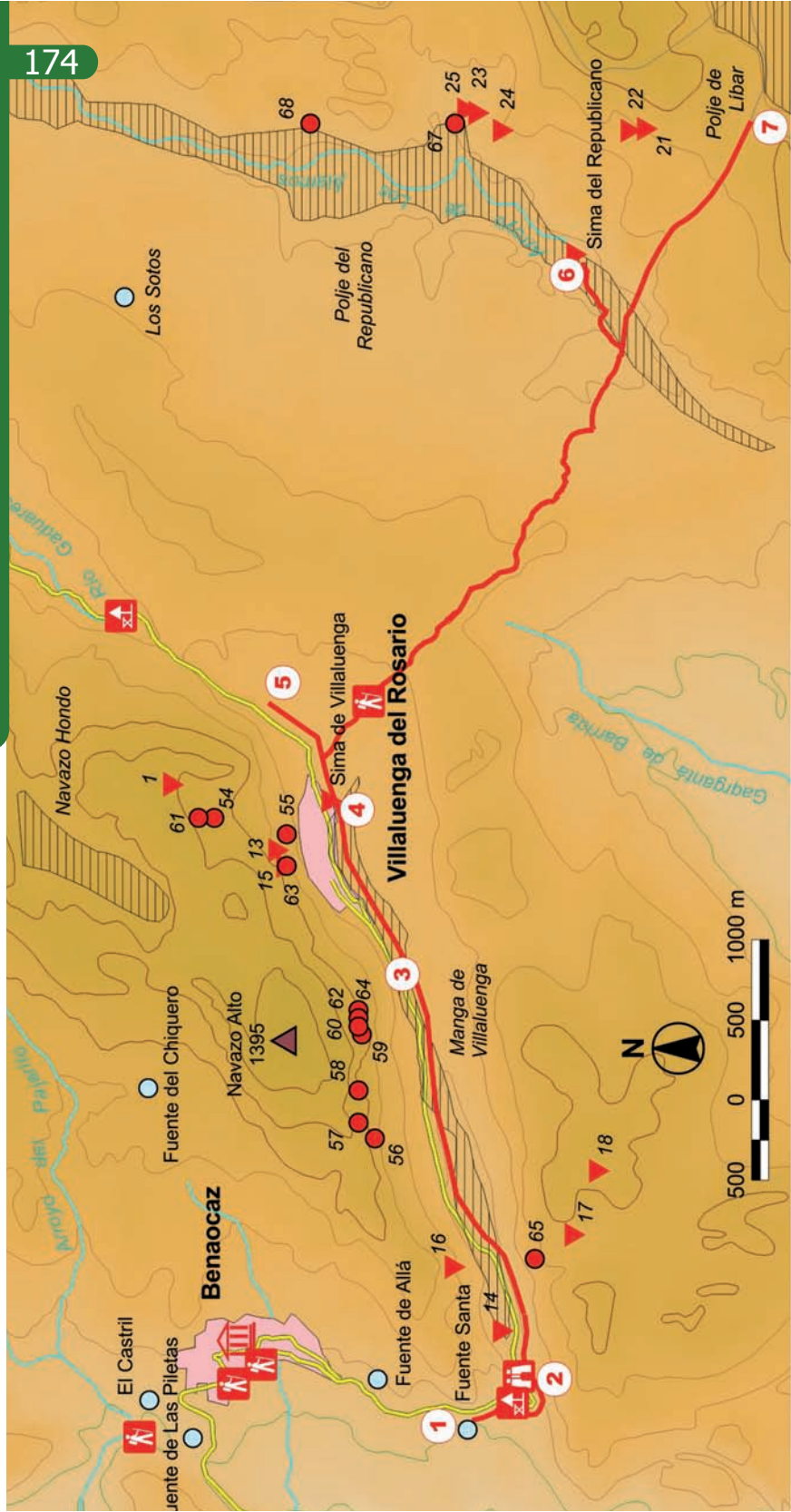
Descripción y características generales del itinerario:

Este itinerario recorre una parte del acuífero de Ubrique a través del corredor de la Manga de Villaluenga y acerca al visitante hasta la zona occidental del acuífero de Líbar.

Las primeras cinco paradas se realizan en vehículo, mientras que el acceso a las paradas 6 y 7 se efectúa a pie. El itinerario en vehículo se inicia en el área recreativa Cintillo y Aguas Nuevas, situada en la carretera A-2302 que, desde las inmediaciones de Ubrique, conduce a Benaocaz y Villaluenga del Rosario, a un kilómetro y medio pasada la localidad de Benaocaz. Junto al área recreativa se localiza la Fuente Santa (parada 1). Esta misma carretera, en dirección a Villaluenga, nos lleva a las paradas que se realizan con vehículo. La parada 2 se localiza a sólo unos 400 m de la anterior (Mirador del Cintillo y Aguas Nuevas). La parada 3 (Manga de Villaluenga) se sitúa un kilómetro antes de alcanzar la población de Villaluenga del Rosario; junto a esta población se localizan también las paradas 4 (Sima de Villaluenga) y 5 (Qanat de Villaluenga del Rosario).

De las inmediaciones de Villaluenga parte el sendero de uso público Llano del Republicano, que con suave pendiente nos conduce a la parada 6 (Polje y Sima del Republicano). Para llegar a la parada 7 (Puerto del Correo) -desde la que se dispone de una magnífica perspectiva de otro polje, el de Líbar- hay que continuar el sendero anterior y realizar una moderada ascensión de aproximadamente una hora, por lo que resulta aconsejable ir adecuadamente equipado. Esta última parada, por ello, se ha considerado opcional.

Las paradas 1 a 5 se localizan en el acuífero de Ubrique, mientras que las dos últimas están situadas en el acuífero de Líbar.



Parada 1. Fuente Santa

El área recreativa Cintillo y Aguas Nuevas está emplazada junto al p.k. 13 de la carretera A-2302, entre Benaocaz y Villaluenga del Rosario, donde se aparca el vehículo. Un corto recorrido a pie por la antigua calzada romana, paralelo a la carretera en dirección a Benaocaz, nos conduce a la fuente.



Área recreativa Cintillo y Aguas Nuevas, de donde parte el camino hacia la Fuente Santa

La fuente Santa es un pequeño manantial situado en el acuífero de Ubrique. Como otras muchas pequeñas surgencias del Parque Natural, ha sido convertida en fuente con el objetivo principal de abastecer de agua al ganado. Es una construcción muy sencilla, formada por una pilastra o frontón semicircular en que se aloja el caño, cuya agua cae a un pilar rectangular. El agua rebosante de este pilar cae a otro de pequeño tamaño, adosado a él, de donde sale el agua directamente al suelo. El sistema de evacuación permite mantener un nivel constante en los pilares, asegurando la renovación del agua y unas adecuadas condiciones de consumo.

Este tipo de fuentes, conocidas como pilares abrevadero, son construcciones tradicionales ligadas al aprovechamiento del agua y los elementos del patrimonio hidráulico más abundantes en el Parque Natural.

Desde el punto de vista hidrogeológico, el manantial sobre el que se ha levantado la fuente se sitúa en el contacto entre las calizas jurásicas y un pequeño afloramiento de arcillas y areniscas terciarias.



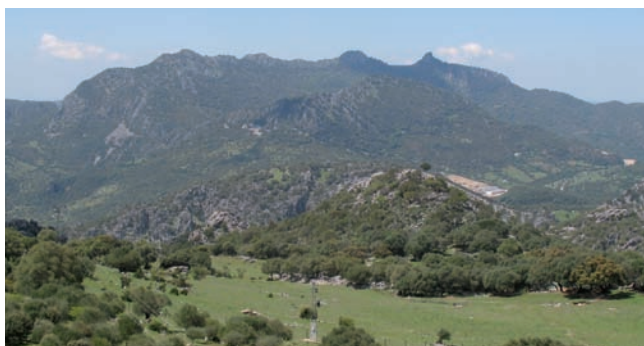
Fuente Santa

El itinerario continúa por la carretera en dirección a Villaluenga, donde a unos 400 metros se encuentra el mirador del Cintillo y Aguas Nuevas.

Parada 2. Mirador del Cintillo y Aguas Nuevas

Este mirador ayuda a situar al visitante en el contexto geográfico en el que nos encontramos y a identificar los distintos relieves y su relación con los acuíferos en los que se inscriben.

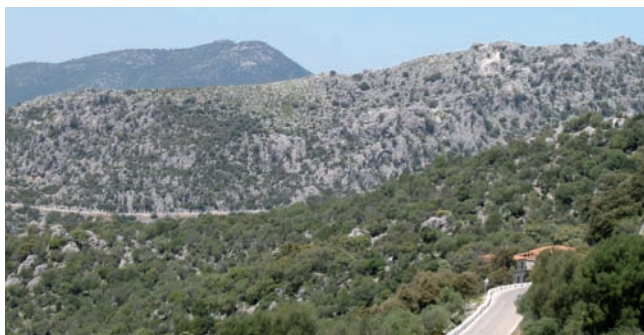
Se divisa al fondo la Sierra de la Silla, que finaliza a la derecha en el redondeado cerro del Higuerón de Tavizna. Este conjunto forma el acuífero de la Silla. A su derecha se identifica la Sierra de Albarracín, incluida en el acuífero de El Bosque. Ambos acuíferos están formados por materiales carbonatados del dominio Subbético Medio, con escaso desarrollo de la karstificación.



Al fondo, Sierra de la Silla, cuyos materiales dan origen al acuífero del mismo nombre

El resto de los relieves que se aprecian están constituidos por calizas jurásicas del Penibético, o Subbético Interno, con un intenso desarrollo de la karstificación. Por delante de la Sierra de Albarracín, se distingue la Sierra Alta de Benaocaz, incluida en el acuífero de El Hondón. La Sierra de Ubrique y la Sierra del Caíllo, ambas inmediatamente a nuestra izquierda y derecha, respectivamente, forman parte del acuífero de Ubrique.

A nuestra espalda, se inicia el corredor morfológico y estructural de La Manga de Villaluenga, de gran interés geomorfológico e hidrogeológico, como se verá en las siguientes paradas. Este corredor separa las sierras de Ubrique –conocida también en esta zona como Sierra de Las Viñas- y la Sierra del Caíllo.



Sierra Alta de Benaocaz, perteneciente al acuífero de El Hondón

El itinerario prosigue por la carretera, a lo largo de la Manga de Villaluenga en dirección a esta localidad, donde se sitúa la siguiente parada en el p.k. 10+000, a la derecha de la carretera.

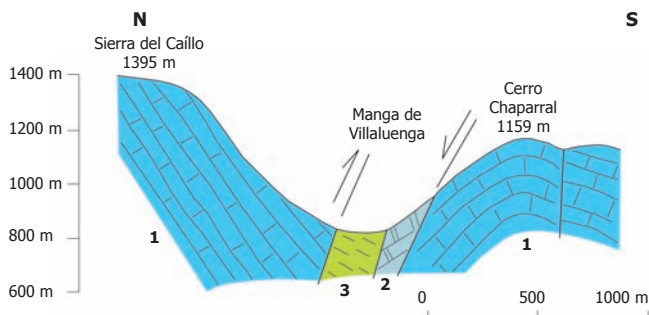
Parada 3. Manga de Villaluenga

La Manga de Villaluenga es una depresión morfoestructural, de casi 4 km de largo y de una anchura que varía, de promedio, entre los 150 y los 200 m. Las paredes están formadas por calizas jurásicas intensamente karstificadas, con abundantes formas exokársticas y endokársticas.



Manga de Villaluenga

Es un sinclinal muy fracturado, basculado hacia el oeste. El fondo del corredor está labrado sobre margocalizas cretácicas (capas rojas), visibles en distintos puntos de la carretera. Parte del borde septentrional, formado por la Sierra del Caíllo, está limitado por un frente de cabalgamiento de las calizas jurásicas sobre las capas rojas, mientras que una falla normal situada al sur ha condicionado su hundimiento relativo con respecto a la Sierra de las Viñas.



Corte geológico transversal a la Manga de Villaluenga

(basado en cartografía geológica MAGNA, hoja 1050. IGME, 1991)

1: Calizas, Jurásico

2: Calizas nodulosas, Cretácico inferior

3: Calizas y margas (capas rojas), Cretácico superior-Eoceno

El fondo de este corredor está constituido, en realidad, por tres depresiones cerradas, alineadas y escalonadas a distintas alturas. Cada una de ellas funciona como una zona endorreica. En este punto, a nuestra izquierda, distinguiremos la depresión central, mientras que la depresión oriental se sitúa a la derecha, hacia Villaluenga del Rosario. Esta última depresión se encuentra a mayor altura, separada por un umbral calizo –visible en el punto en que se realiza esta paradagligado a un sistema de fallas transversales.

En el fondo de la Manga, como comprobación del carácter de acuitardo que poseen las capas rojas, se sitúan varios pozos e, incluso, algún pequeño sumidero en el extremo occidental.



Capas rojas, sobre las que cabalgan las calizas jurásicas. Borde norte de la Manga de Villaluenga



Pozo en el fondo de la depresión occidental de la Manga de Villaluenga, sobre las "capas rojas" (margocalizas cretácicas)

Se continúa por la carretera un kilómetro más hasta la localidad de Villaluenga del Rosario, donde junto a la misma carretera parte una pasarela peatonal que nos acerca hasta la misma boca de Villaluenga.

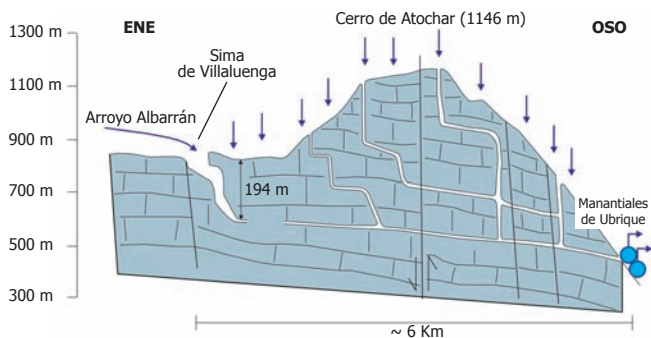
Parada 4. Sima de Villaluenga

La sima de Villaluenga, en el borde meridional de la depresión más oriental de la Manga, presenta una espectacular entrada a 840 m, controlada por fracturas de dirección NO-SE, casi perpendiculares a la dirección del corredor. Se trata de un sumidero que recoge las aguas del arroyo Albarrán y las del propio fondo de la depresión, cuyos caudales pueden llegar a superar los 6 m³/s.

En 1984, el IGME realizó una prueba de inyección de trazadores para establecer las relaciones entre este sumidero y las emergencias, así como para estimar la velocidad del agua subterránea. Para detectar el trazador inyectado, fluoresceína sódica, se dispusieron de fluocaptoreos en las surgencias más probables, coincidentes con tres manantiales situados en la localidad de Ubrique: Benafeliz, el Nacimiento de Ubrique (o



Sima de Villaluenga



Esquema de funcionamiento hidrogeológico del sistema kárstico en que se localiza la Sima de Villaluenga

Cornicabra) y El Algarrobal, o Saltadero. La distancia entre la sima de Villaluenga y estos manantiales es de 5,6 km en línea recta y el desnivel de unos 490 m. Se pudo comprobar que el agua llegaba a los tres manantiales, con una velocidad del orden de 500m/día, demostrándose la conexión hidrogeológica entre la sima y estos manantiales.

La sima, conocida desde antiguo, fue explorada por espeleólogos desde los años 50 del pasado siglo. Las exploraciones han permitido, hasta la fecha, establecer un desnivel desde la boca de unos 210 metros. La entrada se realiza siguiendo el lecho del arroyo Albarrán, que ha formado un cañón que penetra profundamente en el paquete calizo, para alcanzar en el porche de entrada una altura de 50 metros. El arroyo Albarrán presenta un corto recorrido, de 1,5 km, entre la Sierra de Peralto y la Sierra del Caíllo, con llamativas formas de erosión en las inmediaciones de la boca, como marmitas de gigante, o pilancones.



Caída del arroyo Albarrán hacia la Sima de Villaluenga, con formación de marmitas de gigante

Desde este punto, la cavidad se verticaliza, formando un pozo de 54 m excavado a favor de una gran diaclasa, cuya base está ocupada por grandes marmitas. Tras pasar varios pozos de menor desnivel y algunas rampas, se desemboca en una amplia galería totalmente cubierta de materiales de arrastre que da paso a una galería muy estrecha en que finaliza el recorrido espeleológico por la cavidad.

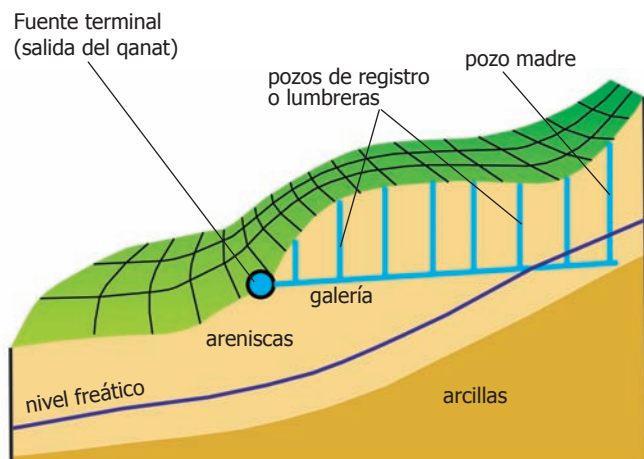
Se vuelve de nuevo a la carretera, donde se encuentra la siguiente parada a unos 600 al este de Villaluenga, en dirección a Grazalema, en el p.k. 8+000.



Parada 5. Acueducto subterráneo (qanat) de Villaluenga

Un qanat es una estructura de captación y conducción del agua subterránea, en la que el agua circula por gravedad desde uno o varios pozos principales hasta el punto que se quiere abastecer. Para ello, se excava un pozo hasta alcanzar el nivel del agua subterránea, a partir del que se realiza un túnel o galería con un ligero declive. Al objeto de facilitar la extracción del terreno excavado, sin necesidad de transportar el material a lo largo de todo el desarrollo del túnel, se construyen pozos al exterior (lumbreras), que facilitan la ventilación y el acceso para controlar averías y realizar obras de reparación en caso de desperfectos. Este tipo de captación, de origen persa, se extendió a través de la ruta de la seda desde Irán hacia oriente y occidente, llegando a España con los romanos o los árabes, y desde aquí al Nuevo Mundo.

El qanat de Villaluenga del Rosario, atribuido a época islámica y en uso hasta bien entrado el siglo XX, se extiende a lo largo de un kilómetro; desde las faldas de la Sierra Peralto —en la zona conocida como La Mina— sigue un trazado paralelo al cauce del arroyo Albarrán hasta llegar a la población, donde finaliza en el punto conocido como fuente terminal del acueducto, la fuente pública de la que se abastecía Villaluenga. Es una extraordinaria obra de ingeniería hidráulica, que conserva en su parte visible cuatro grandes pozos de registro y otros dieciséis de menor tamaño.



Esquema de un qanat, con indicación de los principales elementos y la posición de la fuente terminal de Villaluenga del Rosario (basado en <http://wapedia.mobi/de/Qanat>)



Fuente terminal del acueducto subterráneo

Los cuatro grandes pozos, muy bien conservados, son estructuras prismáticas en ladrillo cubiertas con bóvedas de ladrillo tabicado, que alcanzan una altura de 8 m. Tres de ellos son de planta octogonal, mientras que el cuarto presenta una planta hexagonal irregular. Los registros menores son construcciones prismáticas cuadrangulares, de dos metros de lado y otros dos de altura, cubiertos con bóvedas de medio cañón de ladrillo; alguno de estos pozos menores ha sido totalmente reconstruido y se conservan, en general, en peor estado. El qanat, antes de llegar a la anteriormente mencionada fuente terminal, se resuelve en una acequia elevada sobre fábrica maciza de mampostería.



Uno de los cuatro grandes pozos de registro del qanat, junto al arroyo Albarrán



Vista de uno de los pozos menores de registro del acueducto subterráneo

La elevada situación de Villaluenga del Rosario con respecto al nivel piezométrico del acuífero carbonatado de Ubrique ha impedido, hasta la fecha, aprovechar los abundantes recursos hídricos de que dispone este acuífero. Sin embargo, a través de esta singular construcción, se garantizó, siglos atrás, el abastecimiento a partir del agua subterránea contenida en los materiales del flysch de las Unidades del Campo de Gibraltar.

Se vuelve de nuevo hacia Villaluenga del Rosario; unos 50 metros antes del pueblo, un cartel indica el inicio del sendero del Llano del Republicano. Aquí comienza el recorrido a pie del itinerario.

Parada 6. Polje y sima del Republicano

El sendero del Llano del Republicano es un cómodo recorrido de algo menos de 4 km que permite llegar hasta la misma boca de la Sima del Republicano y disponer de unas excelentes perspectivas de la depresión en que se encuentra, así como del límite occidental de la Sierra de Líbar.

El sendero asciende inicialmente por una pista de cemento hasta llegar al puerto de las Viñas, a 1 km, donde una antigua cantera, ya restaurada, sirve también como aparcamiento si se prefiere no hacer este tramo a pie. Trescientos metros más adelante, un cartel en una cancela de hierro avisa de la prohibición de transitar con vehículos a partir de ese punto.



Arroyo de los Álamos y fondo del polje del Republicano

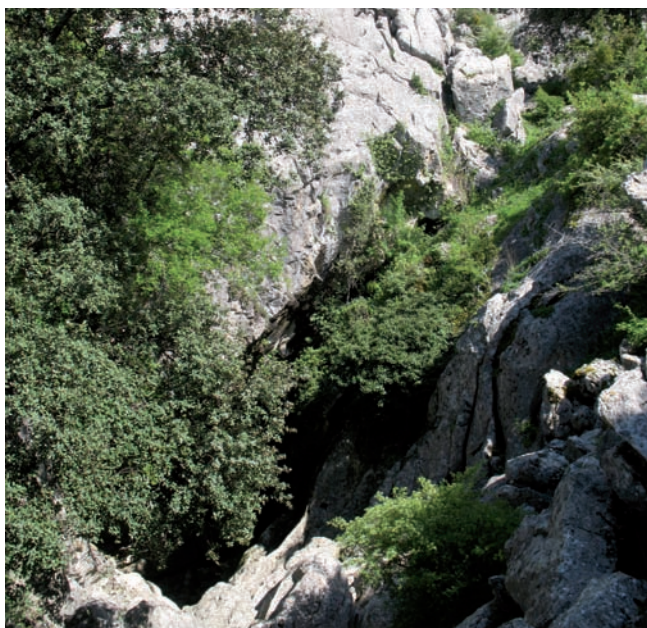
El camino nos conduce hasta la base de los paredones calizos de Líbar. Una vez llegados aquí, hay que seguir unos 300 metros hacia la izquierda, donde está la entrada a la sima. En condiciones de aguas normales –fuera de épocas estivales o de intensos periodos de precipitación– a la Sima del Republicano le llegan sólo las aguas de un pequeño arroyo, el arroyo de los Pajares –cuyas aguas se introducen por una sima anexa, la del Cabito–, mientras que el arroyo de los Álamos –que es el que recorre longitudinalmente casi toda la depresión– se pierde unos 900 metros aguas arriba, en un sumidero sobre las calizas. Si el caudal transportado por el arroyo de los Álamos es elevado, el sumidero no es capaz de absorber toda el agua del drenaje superficial, que seguirá recorriendo su cauce, a menudo seco en este tramo, hasta introducirse por el complejo espeleológico Cabito-Republicano. Ese sumidero en el arroyo de los Álamos está conectado hidrogeológicamente con el complejo Cabito-Republicano.



Sumidero del arroyo de los Álamos. La pérdida se produce 900 metros aguas arriba de la Sima del Republicano

Los Llanos de Líbar forman una alargada y estrecha depresión, de unos 6 km de longitud por sólo 500 m de anchura en su zona central, orientada según una dirección NNE-SSO. Se trata de un semipolje, ya que su borde occidental está limitado por las Areniscas del Aljibe y otros materiales del Complejo de Flyschs del Campo de Gibraltar, mientras que su borde oriental lo forman las calizas jurásicas de la Sierra de Líbar. Está drenado principalmente por el arroyo de los Álamos -que se pierde junto con otro arroyo, como ya se ha comentado, en el complejo Cabito- Republicano y en el otro sumidero situado aguas arriba-. El fondo del polje se asienta sobre las margocalizas del Cretácico-Eoceno, las capas rojas, aunque la red de drenaje ha depositado una pequeña cobertura aluvial que las cubre parcialmente.

La Sima del Republicano -y las simas asociadas a este entramado espeleológico- es el principal sumidero, o ponor, del semipolje y uno de los más espectaculares del Parque Natural. La cavidad presenta un desarrollo de 1.100 m y un desnivel explorado de 270 m. El trabajo realizado por investigadores de la Universidad de Málaga, publicado en el año 2004, indica que el principal punto de descarga de este sumidero es el manantial del Charco del Moro, situado a más de 15 km al sur -ya fuera del Parque-, en la zona del río Guadiaro conocida como Angosturas del Guadiaro o Garganta de las Buitreras.



Boca de la Sima del Republicano



Pérdida de agua del arroyo de los Pajares en la Sima del Cabito, situada junto a la boca de la Sima del Republicano

Si caminamos remontando el arroyo de los Álamos desde la Sima del Republicano, podremos observar algunos de los aspectos comentados: las capas rojas en el fondo del polje, cubiertas parcialmente por depósitos aluviales, y la pérdida del arroyo de los Álamos en el sumidero. Desde las inmediaciones de este punto, se divisa en las paredes de la Sierra de Líbar una morfología tipo *torcal*, en la zona conocida como Cancha Bermeja.



Cancha Bermeja

Parada 7. Puerto del Correo (opcional)

Desde la finalización del sendero del Llano del Republicano, un camino que asciende por la Sierra de Líbar nos lleva en una hora al Puerto del Correo.

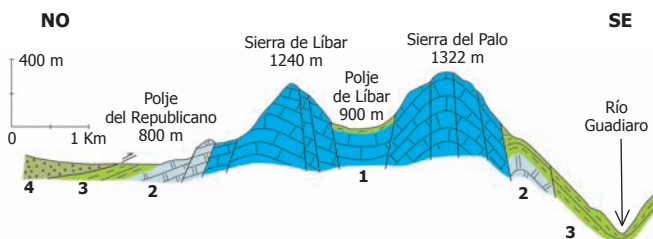
La subida permite disfrutar de una muy buena panorámica del polje del Republicano y apreciar el lapiaz por el que el sendero discurre. Pero, sobre todo, al llegar al Puerto del Correo, se dispone de una perspectiva extraordinaria del polje que hay al otro lado de la Sierra de Líbar, entre ésta y la del Palo: el polje de Líbar.



Polje de Líbar, visto desde el Puerto del Correo. Al fondo, la Sierra del Palo

El polje de Líbar es el de mayor extensión de los existentes en el Parque Natural. Su orientación, NO-SE, está claramente condicionada por fracturas. El fondo coincide con el núcleo de un sinclinal fallado, en el que se conservan las capas rojas del Cretácico superior-Eoceno. Como en otros poljes del macizo de Líbar, su fondo es netamente plano, aunque surcado por un arroyo sinuoso, de carácter temporal. El agua, que desaparece en varias pérdidas situadas en el fondo del polje, en el contacto con las calizas jurásicas, es drenada principalmente hacia los manantiales de Jimera de Líbar situados a 4 km al este, junto al río Guadiaro, posiblemente a favor de las fracturas transversales al anticlinal de la Sierra del Palo; también este agua fluye, aunque en menor cuantía, hacia el manantial del Santo o de Benaoján, situado a unos 8 km al noreste.

La génesis del polje parece ser debida a la formación de una fosa tectónica que, posteriormente, se iría ensanchando por sucesivas fases de corrosión kárstica en sus bordes calizos, en combinación con posteriores hundimientos de la fosa previamente formada.



Corte geológico transversal a los poljes del Republicano y de Líbar
(Gracia y Benavente, 2006)

1: Calizas, Jurásico; 2: Calizas nodulosas, Cretácico inferior; 3: Calizas y margas (capas rojas), Cretácico superior-Eoceno; 4: Areniscas del Aljibe y otros materiales del Complejo de Flyschs, Mioceno inferior

ITINERARIO 5

Del río Gadares al río Guadiaro

Longitud del recorrido: 9,8 km

Forma de realizarlo: En vehículo (9 km) y a pie (0,8 km)

Dificultad: Media

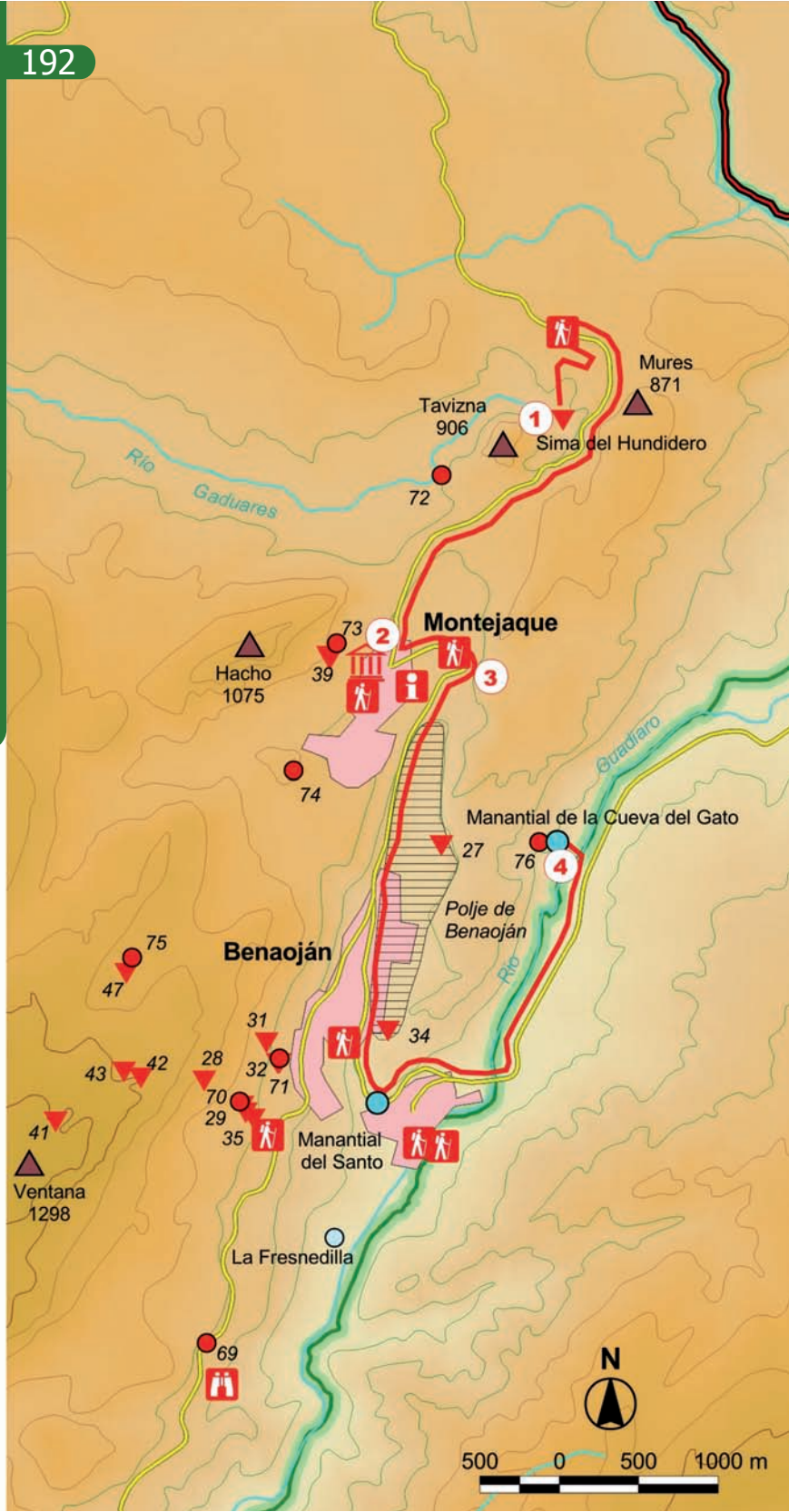
Tiempo estimado: 4 horas (con paradas incluidas)

Nº de paradas: 4

Descripción y características generales del itinerario:

Este itinerario recorre el vértice nororiental del acuífero de Líbar, a través de uno de los lugares de mayor interés hidrogeológico del Parque: la pérdida del río Gadares en la sima de Hundidero y su posterior resurgencia en la boca de la cueva del Gato, cuyas aguas vierten al río Guadiaro. El entorno de ambas entradas al complejo subterráneo Hundidero-Gato presenta, además, numerosos elementos de interés geológico, paisajístico y del patrimonio ligado al agua.

El recorrido comienza junto al p.k. 3 de la carretera MA-8403, que nos conduce a Montejaque y Benaoján desde la A-376. Desde aquí se desciende a pie, junto a la presa de Montejaque, hasta la boca de la sima de Hundidero (parada 1) por el sendero de uso público. El museo de la Espeleología de Montejaque, en esa localidad, es la segunda parada. A los 400 m de la salida de Montejaque por la carretera hacia Benaoján está la tercera parada, punto adecuado para la observación del polje de Benaoján. Se continúa el recorrido por carretera hasta la barriada de la Estación de Benaoján. Aquí hay dos opciones: continuar por carretera hasta las inmediaciones de la Cueva del Gato (parada 4) o realizar el recorrido a pie, muy recomendable, por un sendero de uso público de 2 km, que discurre por la margen izquierda del río Guadiaro y nos lleva hasta el mismo punto. Si elegimos esta segunda opción, el recorrido a pie se incrementa dos kilómetros más, y otros tantos de vuelta a la Estación de Benaoján, donde habremos dejado el vehículo.



Parada 1. Presa de Montejaque y Sima de Hundidero

Desde la zona de aparcamiento, situada junto al p.k 3 de la carretera MA-8403, sale un ancho camino que desciende hasta llegar a las inmediaciones de la coronación de la presa de Montejaque. A partir de aquí, un sendero adecuado con barandillas y escalones, de muy fuerte pendiente, nos deja prácticamente en la misma boca de Hundidero. El tiempo aproximado de este recorrido, ida y vuelta, es de 1 hora y 30 minutos.



Señalización del inicio del sendero (camino de la izquierda) hacia la presa de Montejaque y la Sima de Hundidero

La presa de Montejaque, o de los Caballeros, está levantada en una impresionante cerrada natural formada por el río Gaduares o Campobuche, junto al Cerro Tavizna, 300 metros aguas arriba de la sima de Hundidero. La Compañía Sevillana de Electricidad, empresa promotora de su construcción, pretendía con ella el aprovechamiento hidroeléctrico del río Gaduares antes de que sus aguas penetrasen por la boca de Hundidero, punto donde el río comienza un recorrido subterráneo de varios kilómetros para surgir como manantial por la otra boca del cavernamiento, la Cueva del Gato. La presa es una formidable obra de ingeniería, la primera gran presa en arco de España; fue construida en hormigón, material que sustituyó a la tradicional mampostería. Finalizada en 1924, era la más alta de este tipo en su tiempo, con 73 metros de altura y unas proporciones que la dotan de una gran esbeltez y elegancia. Las filtraciones y fugas en las calizas jurásicas, muy karstificadas, del vaso del embalse impidieron su función de retener de retener el agua, a pesar de las innumerables obras de sellado e impermeabilización que se realizaron.

En 1917, cuando se estaba gestando el proyecto, las opiniones sobre su emplazamiento eran divergentes, destacando el informe negativo que realizó el geólogo y espeleólogo portugués Fleury en ese año. Sin embargo, pasados cinco años, se retomó la idea y la dirección de Sevillana de Electricidad, aconsejada por otros expertos que consideraron que el agua se podía retener en esta zona tan intensamente karstificada, decide llevar adelante su construcción. Mientras se va avanzando

en el levantamiento de la presa, se inician los trabajos de impermeabilización, inyectando cemento a partir de sondeos ejecutados al efecto.



Cerrada y presa de Montejaque, o de los Caballeros. Paramento de aguas abajo

Alcanzada la cota de coronación de la presa en marzo de 1924, se comprueba que el sistema no funciona, por lo que se decide taponar los huecos y grietas con asfalto: el enorme gasto que conllevó, junto con un resultado muy limitado, aconsejó abandonar este sistema. Unos años más tarde, en 1928, se comprueba que no sólo el agua se pierde por las laderas calcáreas sino, sobre todo, por el fondo del embalse; en el interior de la cavidad se constatan las numerosas aportaciones de agua procedentes de las filtraciones, intentando frenar las salidas de agua con tapones de hormigón y compuertas, resultado que fue también infructuoso, como se comprobó tras las lluvias de abril de 1929: el agua encontró nuevas vías de escape a través de las grietas de la roca. En 1931 se observa que, tras las fuertes lluvias de otoño, el agua apenas alcanzó unos metros de cota en el embalse, pero llenaron las galerías de Hundidero-Gato. El fracaso ya era patente.



Embalse de Montejaque, en aguas altas. La alta karstificación del vaso impide que el agua se acumule en el embalse

La Sima de Hundidero se abre al fondo del cañón kárstico, aguas abajo de la presa, formado por el cauce del río Gaduares al penetrar por este sumidero. Bajo un pórtico espectacular de más de 100 m de altura, la boca de Hundidero da entrada directa a la galería principal del complejo espeleológico de Hundidero-Gato. Este sistema, uno de los mayores de Andalucía -con un desarrollo próximo a los 8.000 metros-, desemboca en la cueva de Gato, 5 km en línea recta al sur de la boca de Hundidero.



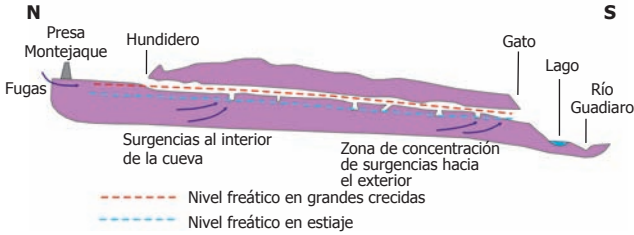
Acceso a la boca de la Sima de Hundidero

El sistema Hundidero-Gato presenta tres niveles de karsificación, de los cuales el intermedio es el de mayor desarrollo y por el que se realiza la travesía espeleológica. El piso superior, representativo de las épocas iniciales de la cavidad, se conserva en escasos tramos, mientras que el inferior permanece inundado, funcionando unas veces como colector y otras como emisor de agua.

La red espeleológica corresponde a la superposición del trazado subterráneo del río Gaduares y de algunos conductos kársticos originados por una parte de los flujos hídricos procedentes de la alimentación del acuífero de Líbar. En la actualidad, desde la construcción de la presa de Montejaque, el funcionamiento hidrológico del sistema ha sufrido profundas modificaciones: el agua ya no se introduce directamente a través del río Gaduares, sino que se filtra bajo la presa y en el vaso del embalse, al tiempo que otra parte del caudal descargado en la cueva de Gato sigue proviniendo de la infiltración directa sobre el acuífero. En el período de aguas bajas, la circulación hídrica se produce por el nivel inferior, alcanzando el nivel intermedio en las proximidades de la boca de Gato. En aguas altas, la circulación hídrica alcanza una parte importante del nivel intermedio, por el que transcurre la travesía espeleológica.



Galería de los Chorros, en el interior del complejo de Hundidero-Gato



Arriba, corte geológico esquemático del complejo Hundidero-Gato, con indicación del flujo subterráneo (Delannoy, 1987)

Abajo, esquema de funcionamiento hidrogeológico (modificado y simplificado de Durán y Soria, 1989)

Una vez ascendido el sendero, se sigue por la estrecha y zigzagueante carretera, que pasa frente a la presa y el Cerro Tavizna, hasta la localidad de Montejaque.



Cerro Tavizna, en primer plano, y Hacho de Montejaque, al fondo. Ambas elevaciones dan lugar a superficies estructurales: los dorsos de los relieves son coincidentes con el buzamiento de las capas. Al pie del Tavizna se encuentra la presa de Montejaque

Parada 2. Museo de la Espeleología de Montejaque

El Museo de la Espeleología es un centro de interpretación dedicado a la divulgación de esta práctica deportivo-científica y del mundo subterráneo, con especial atención a las cavidades situadas en este municipio y áreas colindantes.



Museo de la Espeleología, en la localidad de Montejaque

Las temáticas expuestas en este centro de interpretación versan sobre distintos aspectos relacionados con el karst y las cavidades: el paisaje kárstico, formación de cavernas, espeleotemas, el hombre y el medio subterráneo, bioespeleología, y protección del medio subterráneo. Cuenta también con otros paneles dedicados a algunas de las cavidades más significativas del entorno: cueva de la Pileta, Hundidero-Gato y simas del Pozuelo, así como a las dos de mayor profundidad de Andalucía, las simas GESM y del Aire, situadas en la malagueña Sierra de las Nieves. En vitrinas se exponen muestras de rocas, de industria lítica y restos cerámicos y paleoantropológicos. El centro funciona también como Punto de Información del Parque Natural.

El itinerario prosigue por carretera, en dirección a Benaoján. La parada se realiza en el punto kilométrico 0+400 de la carretera MA-8402, a 400 metros de la señal de desviación a Benaoján existente en Montejaque. Desde este lugar se dispone de una buena perspectiva del polje.

Parada 3. Polje de Benaoján

Es el polje más bajo de los existentes en el acuífero de Líbar, cuyo fondo se sitúa a 520 metros de altitud. Por él discurren las aguas del arroyo de Montejaque, que se pierden e infiltran de forma difusa en esta depresión kárstica. Tras lluvias muy abundantes, la escorrentía excede la capacidad de infiltración del polje, aguas que no sólo invaden su fondo, sino que un emisario temporal se derrama por encima del umbral que cierra el polje por el sur.



Polje de Benaoján

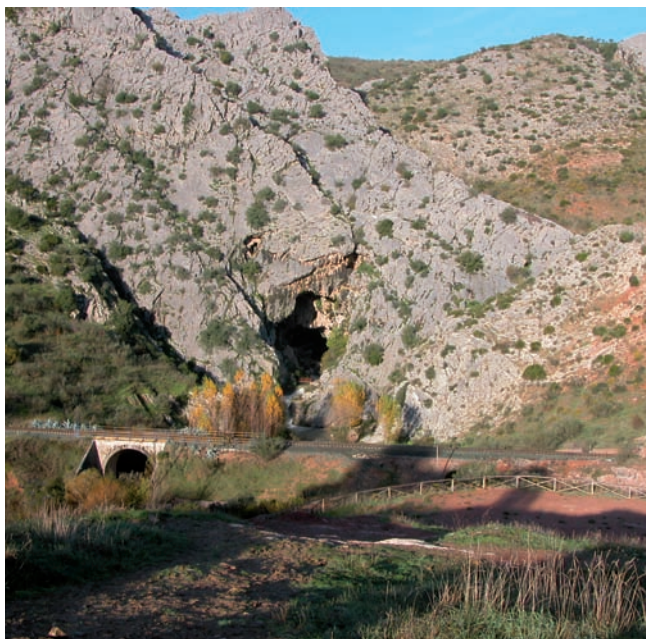
El polje se aloja en un corredor de hundimiento entre la vertiente oriental de la Sierra de Benaoján o de Juan Diego, con estructura anticlinal, y una falla oblicua de dirección NNE-SSO que ha elevado las calizas jurásicas. Las arcillas de descalcificación que cubren el polje permiten su aprovechamiento agrícola. Hace algunos años, cerca del borde nororiental, se encontró industria lítica (canto tallado con factura clásica del Achelense ibérico), atribuida al Paleolítico inferior.



Lapiaz en las calizas jurásicas del borde del polje de Benaoján

Parada 4. Cueva del Gato

La carretera prosigue bordeando el polje hasta la entrada a la localidad de Benaoján. Siguiendo la carretera en dirección a Ronda se encuentra, a 3 kilómetros, el acceso a la Cueva del Gato, perfectamente visible desde la carretera. Si se prefiere realizar parte de este recorrido a pie, hay que entrar a la barriada de la Estación de Benaoján: desde la propia estación de ferrocarril, se cruzan las vías del tren por un paso a nivel y se atraviesa por un puente el cauce del río Guadiaro, que hay que remontar por el sendero que nos conduce hasta las inmediaciones de la Cueva del Gato. El sendero peatonal pasa junto a dos antiguos molinos (uno de ellos, rehabilitado como hotel rural) y permite una detallada observación del entorno fluvial por el que discurre. En las proximidades de la llegada a la boca de la cavidad –tanto si se realiza el recorrido a pie como en vehículo-, un puente de madera sobre el río Guadiaro nos permite cruzar el río y llegar hasta la misma boca de Gato.



Vista del emplazamiento de la Cueva del Gato

Mientras que en la primera parada de este itinerario, la Sima de Hundidero, se ha podido observar la antigua pérdida del río Gaduares en el complejo kárstico, la boca de Gato representa la salida al exterior del drenaje subterráneo. Pero no sólo procede este agua de los caudales que actualmente se pierden en el vaso del embalse, sino que una parte importante, aproximadamente el 60%, proviene de la infiltración directa sobre el acuífero. Ensayos realizados con trazadores han confirmado que parte de los caudales drenados por el manantial de la Cueva del Gato se introducen por el polje del Pozuelo, a unos 6 km al suroeste del manantial, obteniéndose unas velocidades de tránsito del agua de 90 metros por hora desde esa zona de infiltración preferencial.

El manantial de la Cueva del Gato es el que más volumen evacua de todos los existentes en el Parque Natural, con un caudal medio de 1.500 litros por segundo y puntas que llegan a superar los 20.000 litros por segundo. El hidrograma del manantial –gráfico que muestra la variación del caudal en el tiempo- presenta crecidas bruscas ante las precipitaciones y proporcionales a su intensidad, así como un rápido agotamiento. Las aguas, de baja mineralización, experimentan importantes diluciones por la infiltración rápida de las aguas de lluvia. Todo ello es indicativo del importante desarrollo del drenaje kárstico, con comportamiento poco inercial y escaso poder regulador.



El manantial de la Cueva del Gato en aguas altas (marzo de 2009)

El manantial salva un desnivel de casi 10 metros con respecto al río Guadiaro, al que drenan las aguas de la surgencia, formando una llamativa cascada y una pequeña laguna a su pie, Charco Frío.



Cascada formada por la caída de agua del manantial de la Cueva del Gato y laguna que se forma a su pie

Por encima del manantial aparecen paleosurgencias a distintos niveles, lo que indica que el río Guadiaro, nivel de base de la karstificación, ha sufrido un fuerte encajamiento que ha dejado por encima de la cota de su cauce a la actual surgencia y a otras que ya no son funcionales. La boca de la cueva se sitúa prácticamente en el contacto entre las calizas jurásicas y las margocalizas del Cretácico superior-Eoceno, margocalizas que han actuado en este caso como barrera impermeable a la karstificación.



Los conductos situados por encima de la boca de Gato se corresponden con antiguas surgencias, ya inactivas, situadas a más de 40 m sobre el cauce del río Guadiaro

El sistema Hundidero-Gato es un auténtico cañón fluvial subterráneo, con abundantes modelados erosivos y deposicionales propios de los medios fluviales. Al interés hidrogeológico y geomorfológico de este sistema, hay que añadir la importante colonia de murciélagos que alberga. De la curiosidad y admiración que siempre han despertado sus entradas, especialmente la de Gato -orientada a mediodía, junto al Guadiaro y de más fácil acceso que la de Hundidero- dejaron ya constancia los viajeros románticos de los siglos XVIII y XIX. El excelente pintor sevillano Manuel Barrón y Carrillo -el primer pintor netamente paisajista andaluz- plasmó en uno de sus óleos, *La Cueva del Gato*, de 1860, una visión en la que combina su dominio pictórico del paisaje con la presencia, entre costumbrista y folclórica, de unos bandoleros que se sirven de ella como refugio. Esta misma boca de Gato ya fue conocida y frecuentada desde tiempos prehistóricos: las excavaciones realizadas, próximas a esta entrada, determinaron la presencia de vestigios de distintas fases prehistóricas; también se encontró, a principios de los años veinte del siglo pasado, un antropomorfo de tipo esquemático y, recientemente, una figura de ciervo atribuida a épocas finales del Paleolítico superior.



Cabo de las Tormentas, interior del complejo Hundidero-Gato

ITINERARIO 6

De Benaoján a la Cueva de la Pileta

Longitud del recorrido: 6,3 km

Forma de realizarlo: En vehículo

Dificultad: Baja

Tiempo estimado: 3 horas (con paradas incluidas)

Nº de paradas: 4

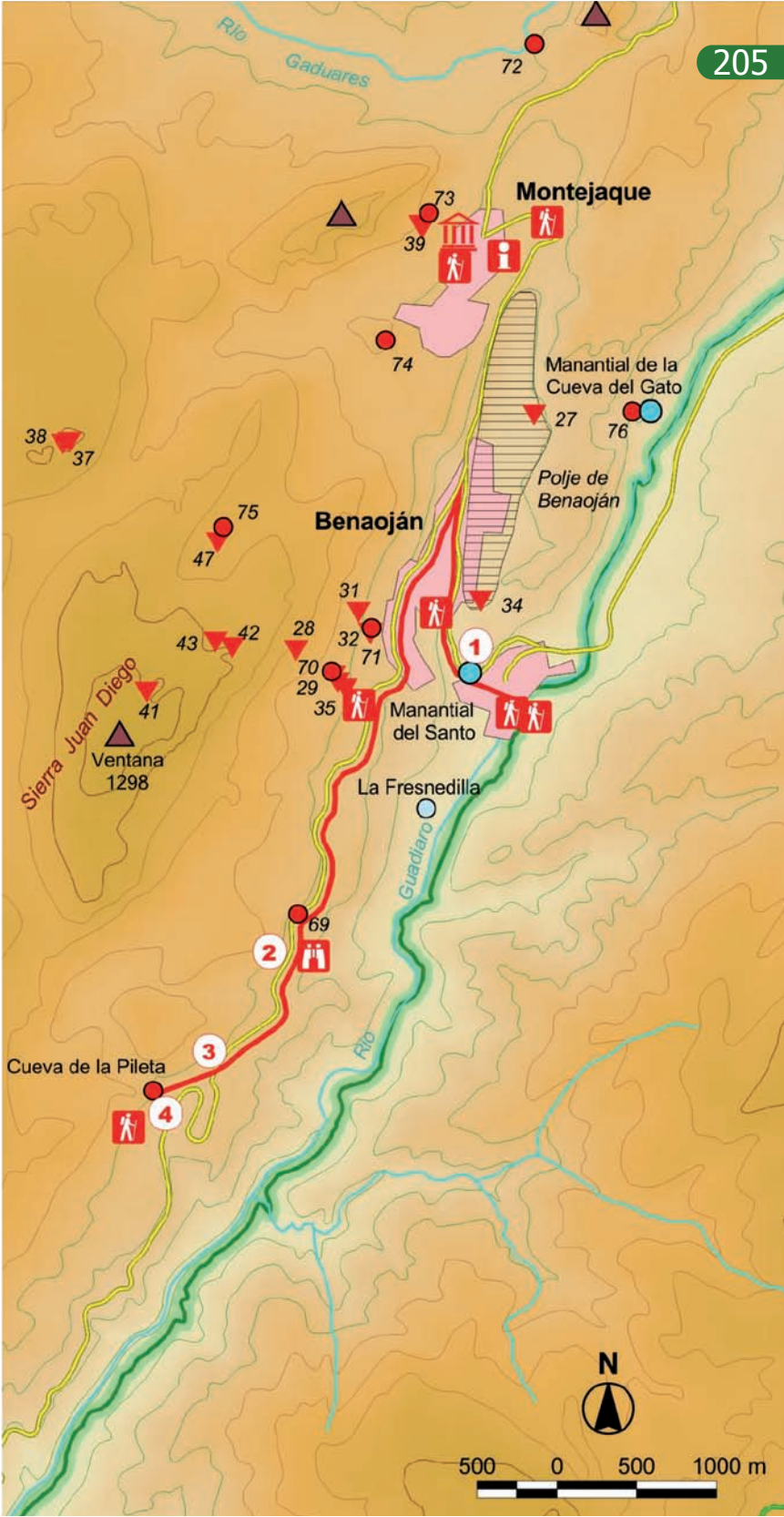
Descripción y características generales del itinerario:

El itinerario discurre por una parte del borde oriental del acuífero de Líbar, desde el manantial de Benaoján, o manantial del Santo, hasta la Cueva de la Pileta, auténtica joya del arte prehistórico y de gran interés geológico. El recorrido tiene como hilo conductor al río Guadiaro, al que drenan los principales manantiales del acuífero.

El recorrido se inicia en la barriada de la Estación de Benaoján, donde se localiza el manantial del Santo (parada 1). La carretera de Benaoján a Jimera de Líbar y Cortes de la Frontera (MA-8401) nos conduce a las siguientes paradas: mirador del Guadiaro (parada 2), dolina de la Pileta (parada 3) y Cueva de la Pileta (parada 4). El recorrido por la Cueva de la Pileta es guiado, previa adquisición de la entrada en la misma boca de la cavidad; es muy cómodo y no precisa de ningún equipamiento especial.



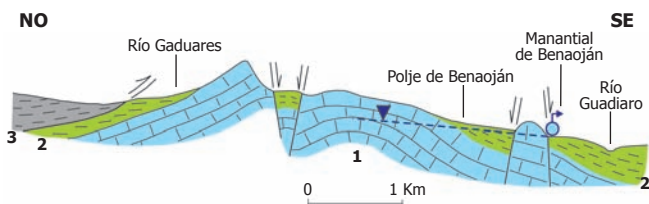
Manantial de Benaoján



Parada 1. Manantial del Santo

En el barrio de la Estación de Benaoján, al final de la calle principal que forman las casas y siguiendo la indicación al hotel Molino del Santo, se atraviesa un puente que salva un cauce de caudal turbulento. Una vez llegados al hotel, un corto camino de tierra nos conduce hasta la surgencia.

El manantial del Santo (también conocido como manantial de Benaoján y manantial de El Ejío), drena un caudal medio de 1.200 litros por segundo, con puntas que pueden llegar a ser del orden de 20.000 l/s. Es, por el volumen de su caudal, el segundo en importancia del acuífero de Líbar y del Parque Natural, tras el manantial de la Cueva del Gato. El manantial surge en el contacto, por fractura, entre las calizas jurásicas y las margocalizas (capas rojas) del Cretácico superior-Eoceno.



Corte hidrogeológico del manantial del Santo (Jiménez, 2007)

El nivel piezométrico corresponde a la línea discontinua azul señalada por el vértice inferior del triángulo

- 1: Calizas, Jurásico; 2: Margocalizas (capas rojas), Cretácico superior-Eoceno;
- 3: Arcillas y areniscas (Complejo de Flyschs), Mioceno inferior

El agua del manantial procede de la infiltración en el polje del Pozuelo, situado a unos 4 km al oeste-suroeste, así como de la que se produce en la Sierra de Juan Diego, o de Benaoján, a favor principalmente de fracturas transversales al eje anticlinal que da forma a esa sierra, y en el polje de Benaoján, inmediatamente situado al norte. La velocidad de circulación del agua desde el polje del Pozuelo hasta la sur-



Manantial del Santo, o de Benaoján



Curso de agua originado por el manantial del Santo

gencia ha sido calculada en 53 metros por hora. Es, al igual que el de la Cueva del Gato, un manantial de comportamiento típicamente kárstico: crecidas bruscas ante las precipitaciones y proporcionales a su magnitud, rápido agotamiento y baja mineralización (por el escaso tiempo de contacto del agua con la roca que forma el acuífero).

El caudal evacuado por el manantial origina un corto y caudaloso curso de agua, que desemboca a unos 400 m en el río Guadiaro, desembocadura que queda prácticamente oculta entre la abundante vegetación del río.

En las inmediaciones del manantial, aún se conservan dos edificios que albergaron sendos molinos: el actual hotel y restaurante Molino del Santo, que se dedicó a la molienda de harina y aceite y, frente a él, el Molino del Nacimiento, en el que se molía harina, hoy vivienda particular. El azud situado inmediatamente aguas abajo del manantial permitía la separación de una parte del caudal para este último y acumular el agua que se usaba en ambos, proporcionando un salto de agua que se aprovechaba para mover sus rodeznos.



Azud y molino del Nacimiento

Tras volver a Benaoján, se prosigue por la carretera que, a la entrada de esta población, nos lleva a la Cueva de la Pileta, Jimera de Líbar y Cortes de la Frontera. A unos 3,5 km del inicio de la carretera se llega al Mirador del Guadiaro.

Parada 2. Mirador del río Guadiaro

El río Guadiaro se forma en la confluencia de los ríos Guadalcobacín y Guadalevín, junto al límite nororiental del Parque, unos 9 km aguas arriba de este punto. Durante ese trayecto y los siguientes tres kilómetros aguas abajo, pasada la Estación de Jimera de Líbar, forma el límite oriental del Parque Natural y del propio acuífero de Líbar. Vuelve a ser límite del Parque desde aguas abajo de Cortes de la Frontera, a la altura de La Cañada del Real Tesoro, hasta el vértice meridional del Parque Natural, a partir de donde se inicia el Monumento Natural del Cañón de las Buitreras, cañón formado por el espectacular encajamiento del río Guadiaro.

En el punto donde nos encontramos el río Guadiaro ya ha recibido las aportaciones de los dos manantiales más importantes del acuífero de Líbar: el de la Cueva del Gato y el del Santo. Aguas abajo también drenan al Guadiaro otras surgencias importantes del acuífero de Líbar, como las de Jimera de Líbar, o de las Artezuelas. En el propio Cañón de las Buitreras otro destacado manantial, el del Charco del Moro –cuyas aguas proceden, en gran parte, de las que se infiltran en la Sima del Republicano– alimenta también al Guadiaro.

En definitiva, el río Guadiaro es el receptor de las principales descargas subterráneas del acuífero de Líbar. El río Guadiaro, nivel de base de la karstificación, ha ido encajándose sucesivamente como consecuencia de las elevaciones del macizo montañoso y del hundimiento relativo del valle en el que se asienta el Guadiaro. Estos movimientos tectónicos han ido ocurriendo desde el Plioceno (época que corresponde a entre hace 1,8 y 5 millones de años) hasta el Cuaternario, lo que ha provocado no sólo el encajamiento del río en el paisaje, sino la evolución de la karstificación en profundidad, con una red de conductos que son reflejo de las distintas alturas que ha ido teniendo el río con respecto a su borde montañoso occidental. El trazado del río, por otra parte, tiene un claro control estructural, ya que se produce a favor del eje sinclinal desarrollado en las capas rojas del Cretácico superior-Eoceno.



Cauce encajado del río Guadiaro, sobre el eje sinclinal formado en las capas rojas del Cretácico superior-Eoceno. El encajamiento se ha producido por la elevación del macizo de Líbar, a consecuencia de movimientos tectónicos recientes a escala geológica

El fondo del valle, salvo en los estrechos depósitos aluviales que se desarrollan en algunos reducidos tramos y que permiten su aprovechamiento agrícola, está ocupada por vegetación de ribera, formada por chopos, sauces, fresnos, trepadoras y adelfas. En las laderas, aparecen bosques abiertos de encinas, con un matorral de coscojas, retamas y genístas.

Seguimos en dirección a la Cueva de la Pileta. Tomamos, en el p.k. 4+400, la desviación a la cueva hasta el aparcamiento.



Señalización del desvío a la Cueva de la Pileta

Parada 3. Dolina de la Pileta

Entre la desviación a la cueva de la Pileta y la entrada a la cueva, vemos por debajo nuestro, a la izquierda, una gran depresión atravesada por la carretera. Por sus grandes dimensiones, más de 500 metros de largo, y su fondo muy plano, responde a una morfología intermedia entre un pequeño polje y una gran dolina. Presenta unas paredes muy abruptas, en las que afloran las calizas jurásicas del Penibético.

Su borde oriental está limitado por una falla normal, lo que indica el condicionamiento estructural en su génesis. La depresión ha quedado abierta en uno de sus extremos por la captura de la red fluvial, a través de un barranco de incisión lineal afluente del río Guadiaro. El fondo de esta depresión se encuentra a 630 m de altura sobre el nivel del mar, 230 m por encima del actual cauce del río Guadiaro.



Dolina de la Pileta

Parada 4. Cueva de la Pileta

El recorrido interior por la Cueva de la Pileta tiene una duración aproximada de entre 45 y 60 minutos, y se realiza con una iluminación portátil que facilitan los guías-propietarios.

La Cueva de la Pileta fue descubierta en 1905 por José Bullón Lobato –cuyos descendientes controlan su uso y gestión–, dada a conocer por el inglés Verner entre los años 1909 y 1911, y estudiada por primera vez a partir de 1912 por los profesores Breuil y Obermaier, del Instituto de Paleontología

Humana de París. En 1924 fue declarada Monumento Nacional y en 1985 Bien de Interés Cultural. La cueva permite un recorrido por el arte prehistórico desde las primeras etapas del Paleolítico Superior, 30.000 años antes de nuestros días hasta periodos prehistóricos recientes de hace unos 4.000 años. Las pinturas, algunas de extraordinaria belleza y perfección, incluyen desde simples trazos a conjuntos complejos de figuras y signos. Aunque la cueva tiene unos 2.000 metros de desarrollo, sólo se visitan, por razones de conservación, los aproximadamente 500 m de la galería principal.



Boca artificial por donde se realiza el acceso a la Cueva de la Pileta


Dentro del arte figurativo hay representaciones de équidos –como la famosa yegua preñada-, cápridos, cérvidos y bovinos. Una de las más llamativas pinturas es la que encontramos en la Sala del Pez, al final del recorrido. Con más de un metro y medio de longitud y realizada con lápiz de carboncillo negro, su buen estado de conservación y la gran maestría en su ejecución la convierten en una de las pinturas más singulares de la cavidad. El gran pez podría representar alguna especie fluvial, o incluso marina (la platija europea), tal como apuntan las investigaciones más recientes.

Además de su excepcional interés por el arte rupestre que contiene, la cueva presenta notables singularidades desde el punto de vista de su evolución hidrológica y geomorfológica. Situada a unos 350 m por encima del cauce del río Guadiaro, se trata de una cueva de trazado subhorizontal situada a

una altitud relativamente elevada, indicativa de una evolución reciente muy importante. Es una forma relictica de un antiguo sistema de drenaje, actualmente desconectada de la circulación hídrica subterránea y, por tanto, inactiva y prácticamente seca, salvo algunos pequeños charcos alimentados por infiltración y goteo. Tras el encajamiento del Guadiaro, nivel de base de la karstificación, la cueva dejó de ser funcional desde el punto de vista hidrológico, con lo que pasó a convertirse en un lugar de tránsito de las aguas de infiltración hacia la zona saturada del karst, situada por debajo. Este agua de infiltración ha dado lugar a las tres generaciones de espeleotemas que se diferencian en la cueva y que han sido datadas: la primera generación, formada por potentes columnas y coladas estalagmíticas parcialmente erosionadas, tuvo lugar tras el descenso del nivel freático como consecuencia del encajamiento del río Guadiaro y se situaría en el Pleistoceno medio; la segunda generación de espeleotemas –un sistema de gours-coladas estratificados de color pardo, que recubren el suelo-, del Pleistoceno superior, se produjo con anterioridad a las ocupaciones humanas del Paleolítico Superior, ya que sobre ellos se localizan una parte de las pinturas rupestres y de los vestigios prehistóricos; la tercera generación, que se corresponde con delgados encostramientos estalagmíticos y con pequeñas estalactitas alineadas sobre juntas de estratificación, se formó en el Holoceno y sigue siendo parcialmente funcional en periodos lluviosos.



Calizas jurásicas, con buzamiento al sureste, en las que se desarrolló la Cueva de la Pileta

The background features a series of overlapping, organic, wavy shapes in various shades of blue and white, creating a layered, abstract effect. The shapes are smooth and fluid, resembling liquid or soft-edged forms. The colors range from a deep, dark blue to a very light, almost white blue.

Créditos Fotográficos y de Ilustraciones

CRÉDITOS FOTOGRÁFICOS

Joaquín del Val Melús: 18, 19, 22, 23, 27, 34, 38, 39, 40, 41, 42b, 43, 45, 48, 50, 51, 52a, 63, 72, 75, 76, 78, 80, 82, 87, 91, 92, 93, 94, 95, 96, 97a, 97b, 98, 99, 100a, 100b, 101, 102, 103, 104, 105, 106, 108a, 108b, 112, 113, 114, 119, 120, 121, 122, 125, 127, 130, 132, 135, 136, 139a, 139b, 140, 141, 143, 144, 145, 147, 152, 157, 158a, 158b, 160, 164, 165a, 165b, 166, 167, 168, 172a, 172b, 178, 179a, 179b, 184, 185a, 185b, 186, 187, 188a, 188b, 189, 190, 194, 195a, 195b, 201, 202a, 202b, 206, 207b, 210, 212

Manuel Jesús Gálvez Maestre: 20, 21, 24, 25, 26a, 26b, 28, 29, 30, 31, 46, 49, 52b, 54, 55, 56, 57, 58, 59, 62, 66b, 115, 118, 123, 126a, 126b, 128, 142, 150, 151, 153a, 153b, 155, 156, 163, 169, 170, 171, 175, 176, 177a, 177b, 180, 181, 193, 197, 198, 199a, 199b, 204, 207a, 209a, 209b, 211

Isabel Torres Luna: 60, 61, 64, 65, 124

Arantza Aranburu: 42a

Francisco J. Hoyos Méndez: 66a, 85, 86, 110, 182

Francisco Aguilar Alcoholado (GES de la SEM): 196, 200, 203

CRÉDITOS DE ILUSTRACIONES

El nombre de los autores de figuras e ilustraciones aparece al pie de las mismas, entre paréntesis.

Las figuras en las que no aparecen los nombres han sido realizadas específicamente para esta publicación por sus autores (Joaquín del Val Melús y Manuel J. Gálvez Maestre).



Bibliografía

Algora, C. y Álvarez, G. 2000. Trabajos y primeras exploraciones de la Compañía Sevillana en el Complejo Hundidero-Gato (Montejaque-Benaoján). *Actas del I Congreso Andaluz de Espeleología*, 137-141. Sevilla.

Andreo, B., Vadillo, I., Carrasco, F., Neukum, C., Jiménez, P., Goldscheider, N., Hötzl, H., Vías, J.M., Pérez, I. y Göppert, N. 2004. Precisiones sobre el funcionamiento hidrodinámico y la vulnerabilidad a la contaminación del acuífero kárstico de la Sierra de Líbar (provincias de Málaga y Cádiz, sur de España) a partir de un ensayo de trazadores. *Revista de la Sociedad Geológica de España*, 17(3-4), 187-197.

Bakalowicz, M. 1999. Connaissance et gestion de ressources en eaux souterraines dans les régions karstiques. *Sdage Rhone Méditerranée Corse*, Guide Technique nº 3, 44 pp.

Becerra, M. 2006. Parque Natural Sierra de Grazalema, guía del excursionista. *Editorial La Serranía*, 252 pp. Málaga.

Bestué, I., González, I., Jiménez, J.C., López, J.S. y Delgado, A. 2006. Breve guía del patrimonio hidráulico de Andalucía. *Agencia Andaluza del Agua, Consejería de Medio Ambiente de la Junta de Andalucía*, 277 pp. Sevilla.

Bullón, J. 2006. Cueva de La Pileta. *Editorial La Serranía*, 75 pp. Málaga.

Calaforra, J.M. y Berrocal, J.A. (Eds.). 2008. El karst de Andalucía, Geoespeleología, Bioespeleología y Presencia Humana. *Consejería de Medio Ambiente de la Junta de Andalucía*, 247 pp. Sevilla.

Cantalejo, P., Maura, R. y Becerra, M. 2006. Arte rupestre prehistórico en la Serranía de Ronda. *Editorial La Serranía*, 176 pp. Málaga.

Carrasco, F., Jiménez, P., Andreo, B. y Liñán, C. 2004. Hidrodinámica de acuíferos carbonáticos. Aplicación a un sector de la Cordillera Bética (Sur de España). En: *Investigaciones en sistemas kársticos españoles* (Publicaciones del IGME, Serie hidrogeología y aguas subterráneas), nº 12, 205-223. IGME, Madrid.

Castillo, A. (Coord.). 2008. Manantiales de Andalucía. *Agencia Andaluza del Agua, Consejería de Medio Ambiente de la Junta de Andalucía*, 416 pp. Sevilla.

Consejería de Medio Ambiente de la Junta de Andalucía. 2006. Plan de Ordenación de los Recursos Naturales del Parque Natural Sierra de Grazalema. *Dirección General de la Red de Espacios Naturales Protegidos*, 70 pp. Sevilla.

Delannoy, J.J. 1998. Contribución al conocimiento de los macizos kársticos de las serranías de Grazalema y de Ronda. En: *Karst en Andalucía* (J.J. Durán y J. López, Eds.), 93-129. ITGE, Madrid.

Delannoy, J.J. 1987. Reconocimiento biofísico de espacios naturales de Andalucía: Serranía de Grazalema y Sierra de las Nieves. *Casa de Velázquez – Agencia de Medio Ambiente de la Junta de Andalucía*, 50 pp. Sevilla.

Delannoy, J.J. y Díaz del Olmo, 1986. La Serranía de Grazalema (Málaga-Cádiz). En: *Karstologia Mémoires* 1, 55-70.

Dirección General de Obras Hidráulicas y Calidad de las Aguas. 1998. Las unidades hidrogeológicas de las sierras de Líbar (00.06) y Grazalema (05.64). *Secretaría de Estado de Aguas y Costas, Ministerio de Medio Ambiente*, 52 pp. Madrid.

Durán, J.J. 1995. Sistema Hundidero-Gato. *Mundo subterráneo* (Ed. ENRESA), 121-128.

Gálvez, F. 2007. Estudio hidrogeológico de la Sierra de la Silla. Inédito (*Proyecto fin de carrera, área de Geodinámica Externa, Universidad Pablo Olavide*).

Gracia, F.J. y Benavente, J. 2006. Origen y evolución geomorfológica del sistema de poljes de la Sierra de Líbar (Málaga). *Boletín SEDECK*, 6, 42-53.

Gracia, F.J., Durán, J.J., Jiménez, P., Andreo, B., Carrasco, F., Benavente, J. y Rodríguez Vidal, J. 2008. El Parque Natural de la Sierra de Grazalema. En: *Geomorfología de los espacios naturales protegidos de la provincia de Cádiz* (F.J. Gracia, Ed.), 23-55. Cádiz.

Gutiérrez Mas, J.M., Martín Algarra, A. y Navarrete, A. 1982. Itinerarios geológicos por la provincia de Cádiz. *Servicio de Publicaciones de la Universidad de Cádiz*, 202 pp. Cádiz.

IGME. 1984. Estudios de investigación hidrogeológica para la regulación de los recursos hídricos subterráneos de la divisoria Guadalete-Guadiaro. Inédito.

IGME. 2005. Atlas hidrogeológico de la provincia de Cádiz. *Instituto Geológico y Minero de España y Diputación de Cádiz*, 205 pp. Madrid.

IGME. 2007. Atlas hidrogeológico de la provincia de Málaga. *Instituto Geológico y Minero de España y Diputación de Málaga*, 3 vols. Madrid.

Jennings, J.N. 1985. Karst Geomorphology. *Blackwell*, 293 pp. Oxford and New York.

Mayoral, J. 2004. Investigaciones espeleológicas en Montejaque y Benaolán (Málaga). *Ayuntamiento de Montejaque*, 153 pp. Málaga.

Millán, J. y Wieczorek, J. 2000. Adelanto de las exploraciones espeleológicas en el polje de Líbar (Montejaque, Málaga). *Actas del I Congreso Andaluz de Espeleología*, 267-292. Sevilla.

Pedroche, A. y Mendoza, D. 2000. Investigaciones espeleológicas en el sector nordeste del polje del Republicano (Villaluenga del Rosario, Cádiz). *Actas del I Congreso Andaluz de Espeleología*, 299-305. Sevilla.

Pedroche, A. y Mendoza, D. 1992. Estudio descriptivo de cavidades kársticas de la Manga de Villaluenga. *AEQUA-Grupo Andaluz para el Estudio del Cuaternario*, 80 pp. Cádiz.

Pérez, A. 2009. El qanat de Villaluenga del Rosario. En: *Repositorio institucional digital del CSIC*, <http://hdl.handle.net/10261/5503>.

Perles, M.J., Vías, J.M. y Andreo, B. 2004. Cartografía de vulnerabilidad y riesgo de contaminación en acuíferos carbonáticos. En: *Investigaciones en sistemas kársticos españoles* (Publicaciones del IGME, Serie hidrogeología y aguas subterráneas), nº 12, 247-273. IGME, Madrid.

Rodríguez Vidal, J., Álvarez, G., Cáceres, L.M., Martínez Aguirre, A. y Alcaraz, J.M. 1999. Morfogénesis y fases de karstificación cuaternarias en la Sierra del Endrinal (Grazalema, Cádiz). *Cuaternario y Geomorfología*, 13 (1-2), 7-17.

Sanchidrián, J.L. 1986. Arte rupestre. La Cueva de la Pileta, hoy. *Revista de Arqueología*, 66, 34-44.

Vera, J.A. (Ed.). 2004. Geología de España. *SGE-IGME*, 890 pp. Madrid.

The background features a series of overlapping, organic, wavy shapes in various shades of blue and white, creating a layered, abstract effect. The colors range from a deep, dark blue to a very light, almost white blue. The shapes are fluid and non-geometric, resembling liquid or smoke. The overall composition is clean and modern.

Glosario

Abrigo Caverna de escaso desarrollo, generalmente situada bajo salientes rocosos o paredes verticales.

Acuicludo Material o formación geológica que, por el insuficiente número y/o tamaño de sus poros y discontinuidades, aún siendo capaz de almacenar cierta cantidad de agua, no puede transmitirla o lo hace con extremada lentitud (equivale, a efectos prácticos, a "material impermeable").

Acuífero Material o formación geológica capaz de almacenar y transmitir agua con facilidad (equivale a "material permeable"). En un acuífero, por tanto, el agua es susceptible de ser aprovechada y extraída mediante obras de captación (pozos, sondeos o galerías).

Acuífero colgado Se dice de tramos permeables de poca potencia que, por diferentes motivos, quedan desconectados del acuífero principal y drenan de forma aislada a mayor cota que las surgencias de base. A sus manantiales se les denomina colgados o también "de ladera".

Acuífero confinado Es aquel cuya agua se encuentra a una presión superior a la atmosférica, sellada por una capa superior de material impermeable. Al perforar esa capa, el agua asciende, llegando, incluso, a salir a presión a la superficie; se habla entonces de aguas "artesianas" o "surgentes".

Acuífero libre Es aquel cuya agua se encuentra en equilibrio con la presión atmosférica en toda su superficie. Son los más frecuentes.

Acuífero multicapa Es aquel que presenta varios niveles permeables superpuestos en la vertical, separados por otros tantos tramos impermeables, en los que las aguas suelen presentar presiones y calidades diferentes.

Acuífugo Material o formación geológica que no dispone apenas de poros o discontinuidades susceptibles de ser ocupadas por agua y, consecuentemente, ni es capaz de almacenarla ni de transmitirla (equivale a, efectos prácticos, a "material impermeable").

Acuitardo Material o formación geológica con capacidad de transmitir y almacenar lentamente el agua (equivale a "material semipermeable", o "semi-impermeable", según el caso).

Aforo (de agua) Medida del caudal. En cauces o canales, requiere de secciones uniformes en las que medir la velocidad. A los lugares habilitados para tal fin se les denomina "estaciones de aforo".

Agria (agua) Agua que posee ciertas cantidades de hierro, suficientes para dar sabor herrumbroso, amargo o agrio, de ahí su calificación.

Agua subterránea Agua que fluye bajo la superficie del terreno.

Alimentación Ver aportación/recursos.

Aluviales Materiales detríticos no consolidados de génesis fluvial. Por su elevada porosidad, permeabilidad y habitual conexión con aguas superficiales, presentan gran interés hidrogeológico.

Anticlinal Pliegue de las capas del terreno en forma de U invertida.

Año hidrológico (o hidráulico) Periodo continuo de doce meses, seleccionados de manera que los cambios globales en el almacenamiento de agua en el acuífero sean mínimos. En nuestra latitud, el año hidrológico comienza el 1 de octubre.

Aportación (de un acuífero) Volumen de agua de cualquier procedencia que recibe anualmente (equivale a "alimentación" o a "recursos renovables").

Área de recarga (de un acuífero) Superficie permeable expuesta a la infiltración de aguas de precipitación.

Artesiano Ver acuífero confinado.

Balance hídrico (de un acuífero) Ecuación que expresa las diferentes partidas de entradas y salidas, según el principio de que éstas, en un año hidrológico medio, son iguales, con la diferencia de almacenamiento correspondiente.

Cabalgamiento Falla inversa de bajo ángulo que hace que se superpongan capas rocosas sobre otras más recientes.

Calcarenita Roca sedimentaria formada por granos de naturaleza carbonatada depositados mecánicamente.

Caliza Roca constituida en más del 95% por carbonato cálcico; la calcita es el mineral predominante, conteniendo también proporciones menores de carbonato magnésico, sílice y minerales arcillosos.

Calidad (de aguas) Conjunto de parámetros físicos, químicos y biológicos que caracterizan el agua y la hace, más o menos, idónea para sus diferentes tipos de usos, incluido el ambiental.

Captación (de un acuífero) Cualquier tipo de obra realizada con la finalidad de extraer o drenar aguas. Las más habituales son los pozos y sondeos, pero también son abundantes las galerías, zanjas, drenes, etc.

Carbonatados o carbonáticos (afloramientos, materiales, acuíferos,...) Se refiere a la naturaleza de las rocas, constituidas esencialmente por minerales del grupo de los carbonatos. Entre las rocas sedimentarias pertenecientes a este grupo destacan las calizas y las dolomías. Los mármoles son rocas carbonatadas que han sufrido metamorfismo. Por su alta porosidad y permeabilidad, debida a procesos kársticos, este tipo de materiales presentan gran interés hidrogeológico.

Careo Acción de abandonar intencionadamente el agua sobre el terreno con la finalidad (entre otras) de recargarlo.

Caudal Volumen de agua por unidad de tiempo que circula por un manantial (fuente, río, arroyo, acequia, etc.). El caudal de base de un río corresponde al que circula por el mismo en época estival, procedente de la descarga de aguas subterráneas (en ríos sin desembalses, ni otras alteraciones antrópicas del flujo).

Caudal ecológico (de un río o nacimiento) Caudal mínimo que debe dejarse fluir para posibilitar el mantenimiento de los procesos y dinámica de los ecosistemas asociados.

Caudal específico (de un manantial) Caudal medio anual por kilómetro cuadrado de área de alimentación que drena en régimen natural.

Ciclo del agua (hidrológico, hídrico) Sucesión de estados y fases por las que pasa el agua en su movimiento desde la atmósfera a la tierra y océanos, y viceversa.

Cimbra Ver galería.

Coefficiente de almacenamiento Ver porosidad.

Coefficiente de infiltración/escorrentía Porcentaje medio anual de agua de precipitación que se infiltra/escurre en un determinado sector (cuenca, acuífero, etc.).

Composición (de un agua subterránea) Conjunto de sustancias químicas que incorpora el agua, en gran parte adquiridas en su circulación por el interior de la tierra.

Conductividad eléctrica Ver salinidad.

Cono o conoide de depresión (de un acuífero) Depresión en forma de cono o embudo de la superficie piezométrica, causada normalmente por el bombeo desde una o más captaciones.

Contaminación (de aguas) Afección causada, directa o indirectamente, por el hombre, que ha modificado las características físicas, químicas y/o biológicas del agua, hasta hacerla, parcial o totalmente, inadecuada para el uso al que estaba destinada, incluido el ambiental.

Cuenca (hidrográfica, vertiente, receptora, fluvial, de drenaje, recepción) Unidad territorial, caracterizada por drenar superficialmente a un mismo cauce. Es la unidad básica o elemental de gestión del agua.

Cueva Forma de conducción del agua (activa o fósil) con desarrollo, más o menos horizontal, habitualmente dentro de rocas solubles (carbonatadas y evaporíticas).

Curva de agotamiento (de un manantial) Gráfica (o función) caudal-tiempo en ausencia de precipitaciones, que muestra la pauta de decrecimiento del caudal fluyente.

Detríticos (afloramientos, materiales, acuíferos,...) Se refiere a la naturaleza de las rocas, constituidas por fragmentos de diversa naturaleza y tamaño. Según este último, pueden ser arcillas, limos, arenas o gravas. Por su alta a media porosidad y permeabilidad (excepto las arcillas y limos finos) son materiales que suelen presentar interés hidrogeológico.

Diaclasa Rotura en una roca sin desplazamiento.

Dolina Depresión cerrada, circular o elíptica, que se forma en la superficie de rocas solubles, como carbonatos y evaporitas. Sus dimensiones son variables, de orden métrico a hectométrico.

Dolomía Roca carbonatada constituida por carbonato cálcico-magnésico en más del 90%.

Dureza Concentración de iones de calcio y magnesio presentes en el agua. Se suele medir en grados franceses. Da idea del grado de mineralización y del poder incrustante del agua.

Embalse subterráneo Masa de agua contenida en una formación geológica permeable (acuífero). Equivale a acuífero saturado. También hace referencia al volumen de agua en tránsito ("recursos renovables") y al almacenado bajo los aliviaderos naturales ("reservas").

Endokarst Manifestaciones subterráneas del modelado kárstico

Endorreica Zona sin drenaje superficial, en que la evacuación de las aguas se realiza por vía subterránea.

Escorrentía Fracción del agua de precipitación que escurre o fluye por la superficie del terreno.

Escama Lámina de roca desplazada en un cabalgamiento. La acumulación de rocas competentes en láminas a favor de rocas plásticas da lugar a conjuntos de escamas apiladas.

Espeleotemas Depósitos, generalmente de naturaleza carbonatada, sobre las paredes de los conductos subterráneos. Las más habituales son las "estalactitas" (enraizadas desde el techo), las "estalagmitas" (dispuestas sobre el suelo), las "columnas" (de la unión de estalactitas y estalagmitas) y las "cortinas" o "banderas" (en paredes). Término equivalente a concreción.

Evaporíticos (afloramientos, materiales, acuíferos,...) Se re-

fiere a la naturaleza de las rocas, constituidas esencialmente por minerales muy solubles, tipo yeso o halita (sal gema). Se trata de rocas sedimentarias, que si son masivas pueden tener un comportamiento hidrogeológico similar al de las rocas carbonatadas. En esos casos, por su media a alta porosidad y permeabilidad, debida a procesos kársticos, presentan interés hidrogeológico. Sus drenajes dan aguas salinas o, incluso, salmueras.

Evapotranspiración Fracción del agua de precipitación que se evapora directamente desde el terreno o es transpirada por los seres vivos (sobre todo la vegetación).

Exokarst Manifestaciones kársticas en superficie.

Falla Rotura de una roca según una superficie más o menos plana, con desplazamiento. En una falla normal, o directa, el bloque hundido se sitúa siguiendo la inclinación del plano de falla; en una falla inversa, el bloque levantado asciende sobre el plano de falla. En las fallas de desgarre predomina el desplazamiento en horizontal entre los bloques.

Flysch Series de gran espesor de rocas formadas por una alternancia de capas duras y otras blandas (a menudo de areniscas y arcillas, o de calizas y margas) con una estratificación muy regular.

Fuente Término sumamente frecuente, que indica cierta actuación humana, bien sea para captar agua por gravedad (a través de minas, galerías, zanjas o drenes), bien para aprovechar el manantial con caños u obras de fábrica, o bien para conducir el agua a zonas más accesibles.

Galería Ver mina.

Gradiente geotérmico Aumento de la temperatura de la tierra (y de las aguas subterráneas) con la profundidad (aproximadamente 1 °C cada 33 m).

Gradiente hidráulico Pendiente de la superficie piezométrica en un acuífero libre.

"Grea" o "greda" Voz popular, que alude a un material arcilloso muy impermeable, considerado como el sustrato impermeable de un acuífero; sinónimo de ausencia de agua en pozos y sondeos.

Hidrogeología Ciencia que estudia las aguas subterráneas en su consideración de sustancia mineral que fluye por materiales geológicos. También rama de la geología que trata las aguas subterráneas.

Hidrograma (de un manantial) Gráfica (o función) caudal-tiempo del caudal fluyente.

Hum Relieve residual de un aplanamiento kárstico, característico de algunos poljes.

Humedal Superficie llana que está temporal o permanentemente inundada, regulada, normalmente, por aportes de aguas superficiales y/o subterráneas, y en constante interrelación con la flora y fauna asociada.

Impermeable Ver acuícludo/acuífugo.

Infiltración Fracción del agua de precipitación que se introduce en el terreno a través de materiales más o menos permeables.

Intrusión marina Proceso por el cual el agua de mar invade un acuífero costero, al descender por bombeos el nivel piezométrico por debajo de la cota del mar.

Isopieza (de un acuífero) Curva o línea que une todos los puntos de la superficie del agua ("superficie piezométrica") que están

a una misma cota en un acuífero libre. La representación de curvas isopiezas de un acuífero se denomina "mapa piezométrico" o "de isopiezas".

Karst Región formada por rocas solubles, generalmente carbonatadas, en la que aparecen formas superficiales y subterráneas características.

Kárstico Calificación del relieve, morfología y todos los fenómenos particulares del karst, resultado de la karstificación.

Karstificación Proceso de disolución de rocas solubles, mediante la acción del agua combinada con otras sustancias (CO_2 , ácidos húmicos, etc.). Las principales rocas karstificables son calizas, dolomías, yesos y otras sales, así como rocas detríticas con cemento y/o matriz solubles.

Lapiaz Forma superficial labrada por erosión-disolución en rocas karstificables. Sus dimensiones varían entre el orden centimétrico y métrico.

Ley o fórmula de Darcy Ecuación física que rige el movimiento de las aguas subterráneas. Expresa la proporcionalidad entre el caudal de agua que fluye por un medio poroso, en régimen laminar, y el gradiente hidráulico.

Lluvia útil (en hidrología) Fracción del agua de precipitación no evapotranspirada y que, por tanto, queda potencialmente a disposición de la regulación y aprovechamiento por el hombre. Equivale a las partidas de infiltración y escorrentía.

Madre Zanja de drenaje para captación de aguas.

Manantial Cualquier tipo de manifestación externa de agua subterránea. Equivale al término surgencia. Posee infinidad de sinónimos locales, como nacimiento, naciente, surgencia, manadero, rezume, rezumadero, fuente, alfaguara, vertiente, venero, mina, cimbra, madre, ojo, nocle, trampal, borreguil y otros muchos.

Manantial de ladera Ver acuífero colgado.

Manantial de trop plein Típico manantial efímero o temporal que se activa en acuíferos kársticos por encima de los manantiales habituales, sólo en periodos de intensas precipitaciones.

Manantial difuso Se dice de manifestaciones de agua que ocupan una extensión relativamente grande. Realmente se trata de multi-surgencias puntuales.

Manantial efímero Se dice de aquel que sólo permanece activo tras épocas de precipitación.

Manantial permanente Se dice de aquel que no llega nunca a agotarse completamente.

Manantial puntual Se dice del que aflora en un punto o área concreta.

Manantial temporal Se dice de aquel que llega a agotarse completamente después de un largo periodo sin precipitaciones.

Manantial termal Surgencia de agua subterránea con una temperatura que sobrepasa en, al menos, 4°C la media anual del lugar.

Marga Roca intermedia entre arcillas y calizas, en la que el contenido en cada una varía entre el 35 y el 65%.

Mina (de agua) (también galería o cimbra) Conducto o galería de dimensiones variables excavada en el terreno con la finalidad de captar aguas subterráneas por gravedad. Si es a cielo abierto se habla de "zanja" (también "canal" o "madre").

Mineralización Ver salinidad.

Molinete Aparato dotado de una hélice, utilizado para conocer la velocidad de una corriente de agua, dato imprescindible para calcular el caudal (una vez conocida la sección de flujo).

Nivel o cota piezométrica Es el que alcanza el agua subterránea en la zona suturada del terreno; se mide en metros sobre el nivel del mar. Se denomina también "nivel freático" cuando se trata de un acuífero libre o no confinado. A la lámina de agua de un acuífero libre se la denomina "superficie piezométrica".

Nivel de base kárstico Superficie a la que tienden las aguas de un acuífero kárstico. Para algunos autores, se corresponde con el límite de la zona permanente inundada; para otros, con la aparición de material no soluble infrayacente.

Nueva cultura del agua Corriente de pensamiento que predica un uso más racional del agua, en el que queden garantizados unos caudales ecológicos. Aboga por un uso más eficiente del agua, con mayores tasas de ahorro y reutilización.

Paleokarst Karst antiguo, fosilizado por sedimentos. También se aplica a las partes inactivas del karst (redes kársticas inactivas, colmatadas o no).

Permeabilidad Parámetro hidráulico que da idea de la facilidad de un material para permitir o no el paso del agua (o de otro fluido) a través de sus poros y discontinuidades.

Permeable De permeabilidad, ver acuífero.

Piezómetro Normalmente, sondeo de pequeño diámetro (u otro tipo de obra o captación) utilizado para medir la cota del agua subterránea. En sondeos de gran diámetro se puede realizar esta operación a través de tubos de pequeño diámetro ("tubos piezométricos").

Pluviómetro Aparato que mide la precipitación. Si lo hace en continuo se denomina "pluviógrafo". Los dispositivos destinados a medir nieve de llaman "nivómetros" o "nivógrafos", según los casos.

Polje Depresión cerrada de grandes dimensiones (de orden kilométrico) con fondo más o menos horizontal, característica de regiones kársticas. Presentan desagüe subterráneo a través de uno o varios sumideros. Se habla de semipolje cuando uno de los bordes se instala sobre rocas no karstificables.

Ponor. Sumidero situado en un polje, al que habitualmente sirve como drenaje.

Porosidad (eficaz) Relación entre el volumen de huecos interconectados, susceptibles de ser ocupados por agua que pueda fluir por gravedad, y el volumen total de roca o sedimento (se expresa en %). Término similar a "coeficiente de almacenamiento". Básicamente hay dos tipos de porosidad según la naturaleza de los huecos, la intergranular (acuíferos detriticos) y la debida a fracturación y disolución (acuíferos kársticos).

Precipitación Cualquier tipo de aportación de agua al suelo desde la atmósfera. Habitualmente lluvia y nieve. Otros tipos, como la condensación (rocío, escarcha) o la intercepción, se denominan precipitación oculta, al no ser medidos por los pluviómetros convencionales.

Recarga artificial Acción planificada para introducir agua en el terreno, normalmente a partir de excedentes de superficie (ríos).

Recursos (subterráneos) Volumen de agua que recibe anualmen-

te un acuífero. Generalmente, suele proceder de infiltración de aguas de precipitación ("recursos propios"), pero también a partir de ríos, retornos de regadío, etc. Término equivalente al de "alimentación" o "aportación" anual; se expresan en $\text{hm}^3/\text{año}$.

Regulación (de manantiales) Explotación por bombeo que provoca el agotamiento o la disminución de caudal de los manantiales, con el objeto de adecuar el régimen de los caudales fluyentes al de las demandas.

Reservas Volumen de agua almacenada en un embalse subterráneo por debajo de su cota de aliviadero; se expresan en hm^3 .

Residuo seco Ver salinidad.

Salinidad o mineralización (del agua) Conjunto de sales disueltas que posee el agua. Se suele medir indirectamente mediante la "conductividad eléctrica" (antiguamente por el "residuo seco").

Semi-permeable/semi-impermeable Ver acuitardo.

Sima Forma de conducción de las aguas subterráneas de desarrollo eminentemente vertical abierta al exterior.

Sinclinal Pliegue de las capas del terreno en forma de U.

Sobreexplotación (de un acuífero) Término de compleja definición, que admite diferentes matizaciones. En general, se dice de un acuífero cuyas extracciones plurianuales son superiores a las aportaciones del mismo periodo, lo que provoca progresivos descensos del nivel piezométrico por consumo de reservas.

Sulfurosas (aguas) Aguas que poseen gas sulfhídrico, que al desprenderse da un característico y desagradable olor a huevos podridos. Se las conoce también como hediondas.

Terra rossa o arcilla de descalcificación Residuo arcilloso de la disolución superficial de las rocas calcáreas.

Toba Ver travertino.

Transmisividad Parámetro hidráulico que da idea de la cantidad de agua que puede fluir por un acuífero. Más estrictamente, caudal que circula a través de una sección de acuífero de anchura unidad, bajo un gradiente unitario. Corresponde al producto entre permeabilidad y espesor saturado.

Travertino Roca porosa y poco densa formada por precipitación de carbonato cálcico, en general alrededor de restos vegetales, a partir de la desgasificación de aguas de manantial o de tramos altos de ríos. Término equivalente a "toba".

Trazador Sustancia añadida al agua subterránea para conocer sus direcciones de flujo y otras variables hidrogeológicas.

Trop plein Surgencia de agua, asociada a un manantial permanente, que manan únicamente en periodos muy lluviosos por ascenso del nivel freático.

Unicidad del agua Principio universal que dictamina que todas las aguas son una misma, con las únicas diferencias de su estado (gas, líquido o sólido) y de su tipo dentro del ciclo hídrico.

Uso conjunto Principio por el cual las aguas superficiales y subterráneas deben gestionarse como una misma agua.

Venero de agua Término muy popular, que viene a indicar corriente o río de agua subterránea.

Zona saturada / no saturada Franja de un acuífero en la que todos sus poros están ocupados por agua, cuya componente de flujo es eminentemente horizontal. Por encima de la anterior se encuentra la zona no saturada, en la que el flujo de agua es básicamente vertical; entre ambas zonas de halla la superficie piezométrica en acuíferos libres.

The background features a series of overlapping, organic, wavy shapes in various shades of blue and white. The shapes are layered, creating a sense of depth and movement. The colors range from a deep, dark blue to a very light, almost white blue. The overall composition is abstract and modern.

Direcciones de interés

DIRECCIONES DE INTERÉS

Agencia Andaluza del Agua

c/ Américo Vespuccio, 5-2 Bloque C
41092 Sevilla
Teléfono: 955 625230
www.juntadeandalucia.es/agenciadelagua

Instituto Geológico y Minero de España. Servicios Centrales

c/ Ríos Rosas, 23
28003 Madrid
Teléfono: 91 3495700
www.igme.es

Instituto Geológico y Minero de España. Oficina de Sevilla

Subdelegación de Gobierno. Plaza de España, Torre Norte
41013 Sevilla
Teléfono: 954 236611

Consejería de Medio Ambiente de la Junta de Andalucía. Servicios Centrales

Avda. Manuel Siurot, 50
41071 Sevilla
Teléfono: 955 003400
www.juntadeandalucia.es/medioambiente

Delegación Provincial de Medio Ambiente de Cádiz

Plaza de Asdrúbal s/n, 3º
11071 Cádiz
Teléfono: 956 008700

Delegación Provincial de Medio Ambiente de Málaga

c/ Mauricio Moro Pareto. Edificio Eurocom, Bloque Sur, Planta 3ª y 4ª
29071 Málaga
Teléfono: 951 040058

Oficina del Parque Natural Sierra de Grazalema

Avda. Diputación, s/n
11670 El Bosque (Cádiz)
Teléfono: 956 709703

Centro de visitantes El Bosque

c/ Federico García Lorca, 1
11670 El Bosque (Cádiz)
Teléfono: 956 727029

Centro de visitantes Cortes de la Frontera

Avda. de la Democracia s/n
29380 Cortes de la Frontera (Málaga)
Teléfono: 952 15 45 99

El agua subterránea en el Parque Natural Sierra de Grazalema (Cádiz y Málaga)



Esta publicación tiene como objetivo dar a conocer la importancia del agua en el Parque Natural Sierra de Grazalema, uno de los primeros y más singulares espacios naturales protegidos de Andalucía.

En los primeros capítulos se abordan las relaciones del agua con el medio físico, el paisaje, la biodiversidad y el patrimonio cultural. Asimismo, a través de 6 itinerarios detalladamente explicados, el visitante podrá conocer el Parque Natural desde la perspectiva, a veces insólita, del agua.