

UNIVERSIDAD DE JAÉN
Facultad de Ciencias Experimentales

Trabajo Fin de Grado

**CREACIÓN DE UN SIG DE
RECURSOS DIDÁCTICOS Y
ETNOGRÁFICOS DEL PARAJE
NATURAL DEL TORCAL DE
ANTEQUERA: APLICACIÓN AL
USO PÚBLICO Y A LA
EDUCACIÓN AMBIENTAL**

Alumno: Raquel Alfonso Serna

Febrero, 2020



UNIVERSIDAD DE JAÉN
Facultad de Ciencias Experimentales

Grado en Biología
Trabajo Fin de Grado

CREACIÓN DE UN SIG DE RECURSOS DIDÁCTICOS Y ETNOGRÁFICOS DEL PARAJE NATURAL DEL TORCAL DE ANTEQUERA: APLICACIÓN AL USO PÚBLICO Y A LA EDUCACIÓN AMBIENTAL

Alumno: Raquel Alfonso Serna



Febrero, 2020

ÍNDICE.

RESUMEN.....	5
ABSTRACT.....	5
1. INTRODUCCIÓN.....	6
1.1. Sistemas de Información Geográfica (SIG). Aplicaciones.....	6
1.2. SIG aplicados a la gestión y uso público de Espacios Naturales Protegidos (ENP).....	7
1.3. El Paraje Natural del Torcal de Antequera. Caso de estudio.....	7
2. OBJETIVOS.....	9
3. MATERIAL Y MÉTODOS.....	9
3.1. Zona de estudio: El Paraje Natural del Torcal de Antequera.....	9
3.1.1. Serie estratigráfica.....	10
3.1.2. Geotectónica.....	12
3.1.3. Geomorfología: Modelado kárstico y periglacial.....	12
3.1.4. Hidrología.....	14
3.1.5. Vegetación.....	15
3.1.6. Flora.....	16
3.1.7. Fauna.....	16
3.1.8. Presencia humana.....	17
3.2. Material informático (hardware y software).....	17
3.3. Creación del SIG.....	18
3.3.1. Adquisición y captura de la información.....	18
3.3.1.1. Información disponible en IDEs y servidores.....	18
3.3.1.2. Captura de datos sobre el terreno.....	20
3.3.2. Integración de la información en el SIG.....	20
3.3.2.1. Elaboración de la base de datos de los puntos y paradas.....	20
3.3.2.2. Integración de las distintas capas de información en el SIG.....	23
3.3.2.3. Digitalización de las rutas y obtención de perfiles.....	23
3.4. Explotación del SIG.....	25
3.4.1. Análisis de la información.....	25

3.4.1.1.	Añadir atributos a la base de datos desde capas de información.....	25
3.4.1.2.	Información de las rutas y tramos.....	25
3.4.2.	Consultas a la base de datos.....	27
3.4.3.	Obtención de mapas.....	28
3.5.	Elaboración de las guías.....	30
3.6.	Mapas web.....	31
4.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	31
4.1.	Consultas.....	31
4.2.	Mapas.....	34
4.3.	Guías.	40
4.4.	Mapas web.....	46
5.	CONCLUSIÓN.....	46
6.	BIBLIOGRAFÍA.....	47

RESUMEN.

Los Sistemas de Información Geográfica sirven para tratar información georeferenciada. En este proyecto se ha utilizado un SIG para trabajar con los recursos que ofrece El Paraje Natural del Torcal de Antequera (Málaga). Para ello se han descargado múltiples capas de información desde diferentes servicios web e infraestructuras de datos espaciales y se han insertado en el SIG. Además se ha construido una base de datos con la información recopilada en una visita al Torcal. Finalmente se han obtenido una serie de mapas de los recursos de la zona, mapas web, ejemplos de consultas a realizar, así como guías turísticas de las dos rutas que se realizaron.

La finalidad de este trabajo consiste en ver las posibilidades que estos sistemas tienen en cuanto a actividades de interpretación y educación ambiental en el citado Paraje Natural.

Palabras clave: Sistema de información geográfica, Torcal de Antequera, educación ambiental, espacios naturales protegidos.

ABSTRACT.

Geographic Information Systems are useful for processing georeferenced information. In this project, a GIS has been used to integrate different kind of natural and ethnographic resources offered by El Paraje Natural del Torcal de Antequera (Málaga). To this end, multiple layers of information have been downloaded from different web services and spatial data infrastructures and inserted into the GIS. In addition, a database has been built with the information collected during a field visit to the area. Finally, a series of maps of the area's resources, web maps, examples of how to consult information from the GIS, as well as a pair of book guides corresponding to two routes for visiting the Natural Park, have been obtained.

The purpose of this work is to assess the possibilities that these GIS offer regarding interpretation and environmental education activities in the aforementioned Natural Area.

Keywords: Geographic information system, Torcal de Antequera, environmental education, protected natural areas.

1. INTRODUCCIÓN

1.1. Sistemas de información geográfica (SIG) y sus aplicaciones

La Geomática aborda el problema de la integración de información espacial procedente de diferentes disciplinas, y es la ciencia que desarrolla la tecnología de la información para aplicaciones en problemas de geografía, cartografía, geociencias y otras ramas de la ciencia e ingeniería (Raju, 2006). Los sistemas de información geográfica (SIG) ofrecen numerosas ventajas respecto a la cartografía convencional ya que, de forma automática, permiten manejar datos espaciales georreferenciados, producir mapas temáticos y procesar e interrelacionar información de tipo digital (García, 1996). Los SIGs, a través de la introducción de distintas capas de información, permiten aislar variables o bien interrelacionarlas entre sí (Boix y Olivella, 2007), lo que les confiere un sinfín de posibilidades respecto al territorio a estudiar (Lara, 2006).

Se han desarrollado un sinfín de aplicaciones vinculadas a los SIG, inicialmente en su mayoría relacionadas con la gestión cartográfica y de recursos territoriales básicos. A día de hoy, estos sistemas han dado el salto a Internet y proveen aplicaciones para sectores tan dispares como el marketing e incluso las redes sociales, y muestran un creciente auge las relacionadas con la gestión medio-ambiental y de recursos naturales. Respecto a estas últimas, destacan las siguientes aplicaciones (Matallanes, 2016):

- Generación de cartografía básica (ej., redes urbanas, usos del suelo, espacios naturales protegidos, límites municipales, ríos o vegetación).
- Gestión hidrológica (ej. predicción de inundaciones, distribución de sequías).
- Gestión agrícola (ej., identificación de cultivos susceptibles a plaga).
- Evaluaciones de impacto ambiental.
- Gestión forestal (ej., cartografía de stocks de biomasa, inflamabilidad/riesgo de incendios; predicción de comportamiento del fuego).
- Gestión de la biodiversidad (ej., identificación de puntos calientes de biodiversidad, delimitación y planificación de espacios naturales, modelos predictivos de idoneidad de hábitat y distribución de especies).

- Gestión y uso público de espacios naturales protegidos (ENP) (ej., planes de ordenación de recursos, diseño de rutas ecológicas, campañas de divulgación y educación ambiental).

1.2. Aplicaciones de los SIG a la gestión y uso público de ENP

El papel cada vez más relevante que juegan los ENP en la sociedad actual, y la necesidad de implementar una gestión eficiente, así como programas de sensibilización y de uso público de los mismos, está incrementando las demandas de sistematización y georreferenciación de información sobre sus valores naturales y culturales. Así, el empleo de los SIG en la diversidad de tareas que comprende la planificación y gestión de los ENPs está en auge (Nello et al. 2009). Según la revisión de Palacio (2014), destacan especialmente la aplicación de SIG en el inventariado y seguimiento de cambios en el paisaje-efecto de las perturbaciones (39 %), y en la planificación de los recursos naturales y zonificación del uso (31%), pero también, aunque más incipientemente, como un medio de difusión de los valores y de la utilidad del patrimonio natural y cultural de los ENPs. Respecto a ésta última aproximación, la aplicación de SIG para cartografía en la web, a efectos de la comunicación, difusión y promoción de la información georreferenciada del espacio natural, representó un 17 % de los casos, siendo la herramienta especialmente útil para la exploración visual (comprensión y reconocimiento rápido del territorio), la consulta espacial, el cálculo de distancias, la generación de rutas y más recientemente para el desarrollo de la participación pública. Por otro lado, las aplicaciones a la gestión del uso público representaron un 13 % de los casos, siendo ejemplos de ello las aplicaciones a la planificación de senderos y al análisis de los impactos del uso recreativo. Por tanto, existe aún un amplio potencial para el desarrollo y difusión del empleo de SIG en las tareas de cartografía de recursos culturales y educativo-recreativos de los ENPs, y en su traducción en mejoras de la oferta y optimización del uso público.

1.3. Paraje Natural del Torcal de Antequera: idoneidad como caso de estudio

El Paraje Natural del Torcal de Antequera reúne una serie de características que lo convierten en un buen modelo piloto de ENP para la implementación de herramientas SIG en su gestión y uso público. Por un lado, debido a la elevada

compartimentalización fisiográfica, que le confiere su alto grado de karstificación. El Torcal concentra en una extensión relativamente reducida (1171 ha) una elevadísima diversidad de destacables atributos geológicos y geomorfológicos (Pezzi, 1979), de especies y comunidades de flora (Guerra, 1982) y de fauna (Rendón y Bautista, 2000), y de microhábitats y ecosistemas (Carreira, 2009), que se refleja a su vez en la intensidad y variedad de usos humanos históricos y actuales (Romero y Salazar, 2005). Por otro, se trata del ENP decano de Andalucía, siendo ya declarado Sitio Natural de Interés Nacional en fecha tan temprana como 1929, para posteriormente constituirse en 1978 como uno de los tres primeros Parques Naturales de España y el primero de Andalucía, pasando posteriormente en 1989 a ser declarado como Paraje Natural (Ley 2/1989, del Inventario de Espacios Naturales Protegidos de Andalucía) (González et al., 2003).

Asimismo, tanto su singularidad paisajística y ecológica, como la cercanía al nudo de comunicaciones que representa la vega antequerana y su acceso relativamente rápido desde grandes núcleos urbanos (Málaga, Sevilla, Córdoba, Granada; menos de 2 h en el peor de los casos), y su reciente inclusión dentro del Patrimonio Mundial de la Unesco del Sitio de los Dólmenes de Antequera (Julio 2016), determinan que El Torcal sea en la actualidad uno de los ENPs más visitados de Andalucía, con cerca de 250.000 visitas en 2019. Pese a esta elevada demanda de visitas, tanto de carácter recreativo como con finalidades de educación ambiental (centros docentes), el plan de uso público del Torcal no está actualizado, y es claramente insuficiente, contando con un escaso número de recursos (3 senderos, 2 miradores) que sólo cubren una pequeña fracción del potencial del Paraje.

Finalmente, la antigüedad del Torcal como EPN ha propiciado que las distintas administraciones medioambientales que han tenido competencia en su gestión (ICONA, A.M.A. Consejería de Medio Ambiente) hayan generado y acumulado un gran volumen de información sobre sus recursos naturales y etnográfico-culturales. Esta información está dispersa, en general no está digitalizada, y es urgente su sistematización y georreferenciación, al objeto de valorizarla para su aplicación efectiva en las actividades de uso público. Asimismo, el éxodo rural y el abandono de las actividades tradicionales (pastoreo, caza, canteras...), o en su caso el relevo generacional de las personas que venían ejerciéndolas, supone que todo un rico acervo de conocimientos populares (toponimias, leyendas...) y de actividades de

mantenimiento de los enclaves con uso humano histórico (veredas, pilones y abrevaderos, abrigos y pequeños refugios de pastores, cortijadas, asentamientos temporales...) estén amenazado de extinción en un corto plazo, si no se procede a su inventariado y recuperación.

2. OBJETIVOS

El objetivo general de este TFG ha sido el desarrollo preliminar de un sistema de información geográfica (SIG) del Paraje Natural del Torcal de Antequera, que sirva como base para la sistematización de información sobre recursos paisajísticos, naturales, etnográficos y culturales del espacio protegido, y para el desarrollo de nuevas propuestas para el uso público en actividades deportivas, de recreación y de educación ambiental. Este objetivo general se desglosa en los siguientes objetivos específicos:

- Construir un SIG básico del paraje natural de El Torcal de Antequera y su entorno, con capas de información altimétrica, teledetectada (ortofotografías aéreas), de interés público (servicios), de infraestructuras viarias y de transporte, infraestructuras hidráulicas, hidrográficas, medioambientales y de telecomunicaciones entre otras.
- Diseñar rutas de visita por el espacio natural de diferentes tipologías para su uso recreativo y de educación ambiental.
- Inventariar y geoposicionar los recursos didácticos que ofrecen dichas rutas, e integrarlos en el SIG para el uso interrelacionar de la información generada.

3. MATERIAL Y MÉTODOS

3.1. Objeto de estudio: Descripción general del Paraje Natural del Torcal de Antequera.

El paraje natural del Torcal de Antequera (provincia de Málaga), de 1171 hectáreas, es uno de los paisajes kársticos más majestuosos de Europa y cuenta con abundantes dolinas y torcas (depresiones circulares de disolución) a las que el paraje debe su nombre. La altitud media es de unos 1000m, y su mayor elevación se alcanza en el pico Camorro Alto con 1377m en la Sierra de Chimenea. Su

zonificación incluye la Sierra Pelada al Este, constituida por una extensa área de lapiaz y dolinas; el Torcal Alto al Suroeste, que encierra la zona de mayor relieve kárstico del macizo; y el Torcal Bajo, situado entre las dos anteriores y donde predominan grandes uvalas y dolinas y la zona de Tajos y laderas, que delimitan el Paraje (Peyre, 1974) (Fig. 1).

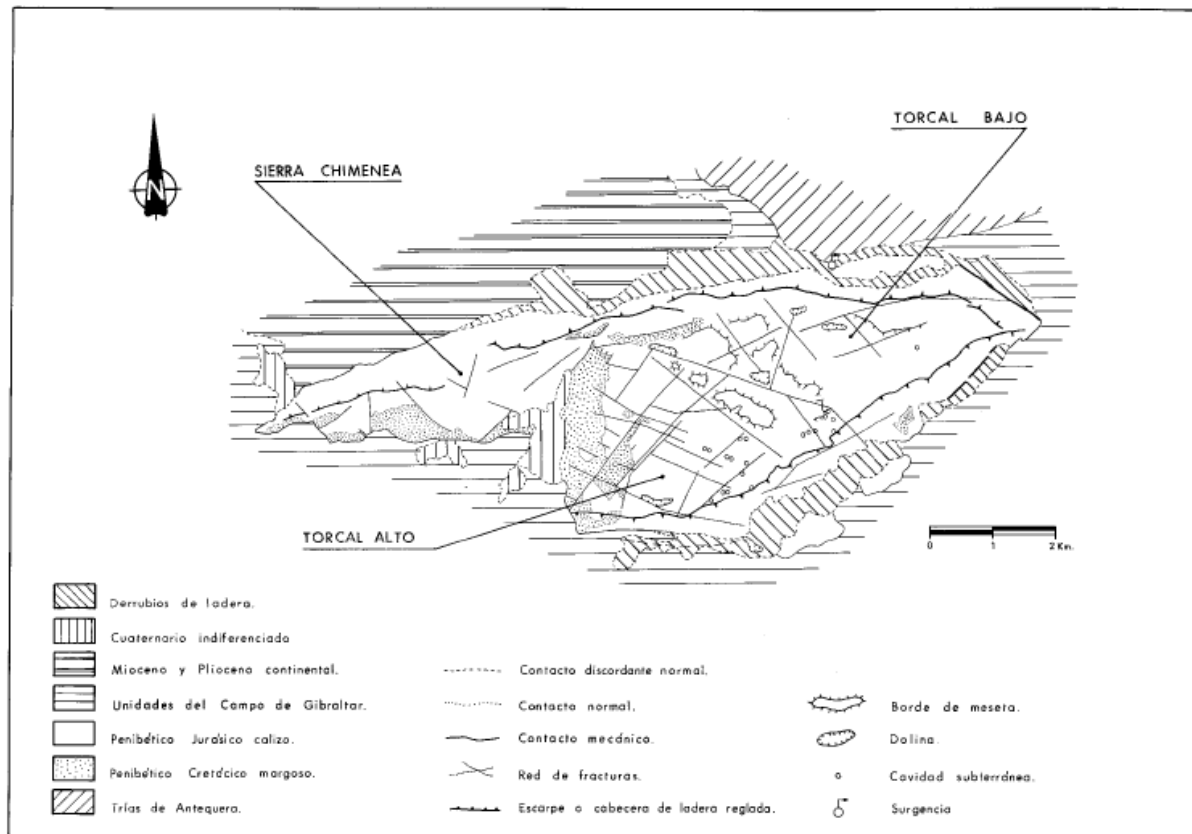


Figura 1. Esquema geomórfico de la Sierra de Chimenea y el Torcal (modificado de Lhénaff, 1981).

3.1.1 Serie estratigráfica

Los materiales que forman la base de la serie estratigráfica del Torcal son de edad Triásica (hace unos 250 millones de años) (Fig. 2). El continente único Pangea está iniciando su fragmentación en dos grandes masas continentales (Laurasia al norte y Gondwana al sur), depositándose los primeros sedimentos en ambientes fluviales, lacustres e incluso marinos someros (el incipiente mar de Tethys). Esta zona alcanza un desarrollo importante que se conoce como Trías de Antequera y está constituido principalmente por arcillas rojizas, yesos, margocalizas y dolomías, (Sanz de Galdeano, Lozano y Puga, 2008).

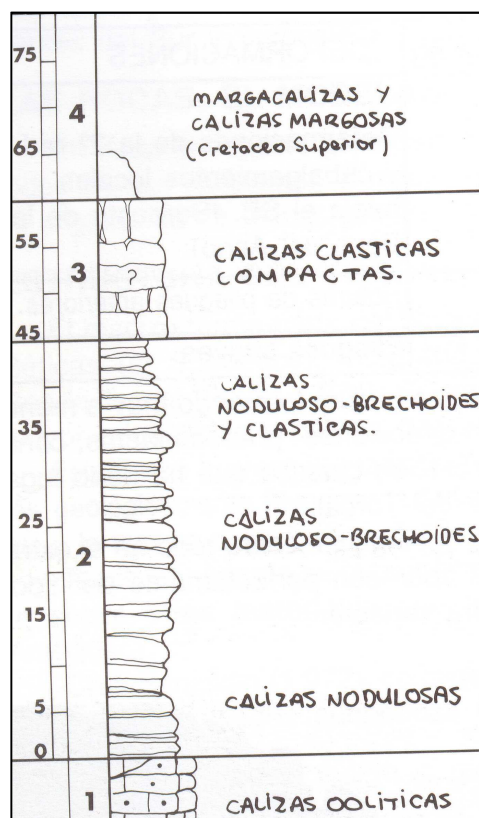


Figura 2. Serie estratigráfica del Torcal (modificado Pezzi 1975)

En el Jurásico inferior (hace 200 millones de años), se produce la separación de las dos masas continentales, creándose la fosa de Tethys, lugar donde se depositan las rocas más antiguas que encontramos en los estratos de El Torcal (Carreira, 2009) calizas oolíticas, de gran potencia y masividad, que determinará el mantenimiento de la horizontalidad de los estratos situados en la parte superior en el plegamiento Alpino, de colores claros (blancas y grises) ricas en fósiles de origen marino (Pezzi, 1975).

Posteriormente, hacia el Jurásico medio (180-155 millones de años) se produce la división de Laurasia, dando lugar a las placas Norte americana y Euroasiática, por un lado, y la división de Gondwana dando lugar a las placas Sudamericana y Africana por otro lado. Se abría

paso el Océano Atlántico (Murphy y Nance, 2004), los niveles de agua subieron y cubrieron zonas de Europa, creándose mares poco profundos (Pezzi, 1975).

En el Jurásico Superior se depositan calizas nodulosas-brechoides y nodulosas margosas, responsables de la formación de los tableados característicos de El Torcal. Para finalizar el periodo, se depositaron calizas clásticas compactas (Pezzi, 1975).

En el Cretácico inferior los materiales se encuentran poco representados en la zona. En este momento el océano Atlántico comenzó a abrirse, reemplazando lentamente el océano Tethys, produciendo que este se haga cada vez más pequeño, convirtiéndose en mar (Stampfli, 2000). En el Cretácico superior se reanuda la sedimentación, con el depósito de margas y margocalizas (capas rojas), estrato más moderno de la serie de calizas, desaparecida de la superficie actual a excepción de la zona de los Navazos, en El Torcal Alto (Pezzi, 1975).

3.1.2 Geotectónica

Finalmente, en el Terciario (que se inició hace 65 millones de años) la Tierra entró en una etapa de intensa actividad tectónica y orogénica, iniciándose un plegamiento Alpino por el choque de la placa Africana con la Ibérica. El pliegue levantó unos bloques respecto a otros. Los sedimentos acumulados se comprimieron, deformaron y fracturaron hasta producirse la emersión del Torcal del mar, hace al menos unos 25 millones de años en el periodo del Mioceno, mediante un fenómeno de extrusión favorecido por fallas al N y S del macizo, que explica que los estratos calizos conservaran su horizontalidad pese al plegamiento.

3.1.3 Geomorfología-modelados kárstico y periglacial

A partir de este momento, la acción de agentes meteorológicos modeló paisaje kárstico que caracteriza al Torcal de Antequera. El modelado kárstico es el resultado

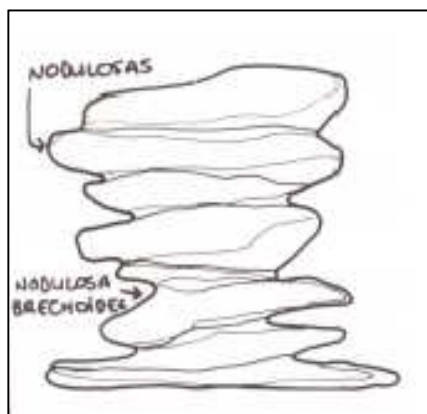


Figura 3. Estructura "pilas de platos", resultante del modelado kárstico, resultado de la erosión del agua en rocas calizas.

de la erosión del agua en rocas calizas. El agua de la lluvia, cargadas de dióxido de carbono del suelo y de la atmósfera, disuelve la roca caliza (carbonatación) de manera diferente en función de su composición y dureza. Por tanto, las calizas nodulosas se erosionan más fácilmente que las noduloso-brechoides, motivo por el cual en el paisaje

del Torcal de Antequera podemos observar estructuras características del lugar que se asemejan a pilas de platos (Fig. 3), con entrantes y salientes en una pila de rocas horizontales (Rosado, 2010).

Encontramos tanto formas exokársticas (superficiales) como endokársticas (subterráneas; formadas gracias a la filtración del agua por grietas, fisuras y cavidades de disolución) (Pezzi, 1979).

➤ Formas exokársticas

- Corredor kárstico: se forma por la disolución progresiva a favor de fracturas y diaclasas, y por el hundimiento de dolinas alineadas sobre estas.

- Lapiaz: conjunto de surcos, estrías y canales profundos de dimensiones pequeñas o medianas que se originan en la superficie de las rocas calizas.
- Torcas o dolinas: depresiones circulares de fondo llano, cuyas paredes son escarpadas o en forma de embudo. Se forma por la infiltración del agua en las grietas de la roca, asociadas a sumideros.
- Uvalas: se forman por la unión de dos o más dolinas. Son depresiones de mayor tamaño y con contorno irregular rellenas de suelos bien desarrollados.
- Kamenitzas o pilones: oquedad de la superficie de las rocas en forma de pileta, donde queda acumulada el agua.
- Formas imitativas: la disolución kárstica ha producido infinidad de formas, que recuerdan a ítems de nuestro entorno, recibiendo así topónimos por parte de la población local.

➤ Formas endokársticas

- Cuevas: conductos subterráneos de desarrollo horizontal que rara vez excede el centenar de metros.
- Galerías: conductos subterráneos horizontales originadas por el ensanchamiento de grietas, diaclasas, etc., generados por la disolución de la roca caliza. Cuando estas galerías quedan al descubierto debido a la erosión y disolución de la roca caliza, reciben el nombre de laberintos kársticos. (Carreira, 2009)
- Simas: sumideros con forma de embudo donde se introduce el agua superficial, que, al ir disolviendo la caliza, abre pozos al interior del macizo.
- Estalactitas y estalagmitas: se forman cuando las gotas que circulan por los techos y paredes de las galerías precipitan el carbonato cálcico. La unión de ambas, forma columnas (Rosado, 2010).

El hielo es también uno de los agentes más importante del modelado en el sistema periglaciario. Este agente es el responsable de la gelifracción sobre la base del modelado kárstico y, un agente modelador adicional del Torcal. Este proceso se habría producido durante las glaciaciones de Riss (200.000-140.000 años) y Wurm (110.000-10.000 años), donde el agua líquida se habría introducido por las grietas de las rocas actuando en modo de calzo al convertirse en hielo, ejerciendo presión en las rocas y dando lugar a grietas y fracturas (Peyre, 1974).

3.1.4 Hidrología

El río Guadalhorce recorre la zona de este a oeste y, constituye la red hidrográfica regional, siendo el único río importante a resaltar.

Este paraje es un acuífero carbonatado rodeado por materiales poco permeables o impermeables, sobre todo donde los enclaves arcillosos son más abundantes, constituyendo una formación geológica que permite el almacenamiento y transmisión del agua (Fig. 4). Sin embargo, la permeabilidad se puede incrementar debido a la fracturación y disolución de las rocas, originando depresiones, sumideros y simas, que favorecen la rápida circulación del agua subterránea, sin que el agua permanezca mucho tiempo en el interior del sistema. Cuando el nivel del agua subterránea corta el relieve, el agua regresa a la superficie a través de manantiales o fuentes (Burillo, 1998; Carrasco, 2018).

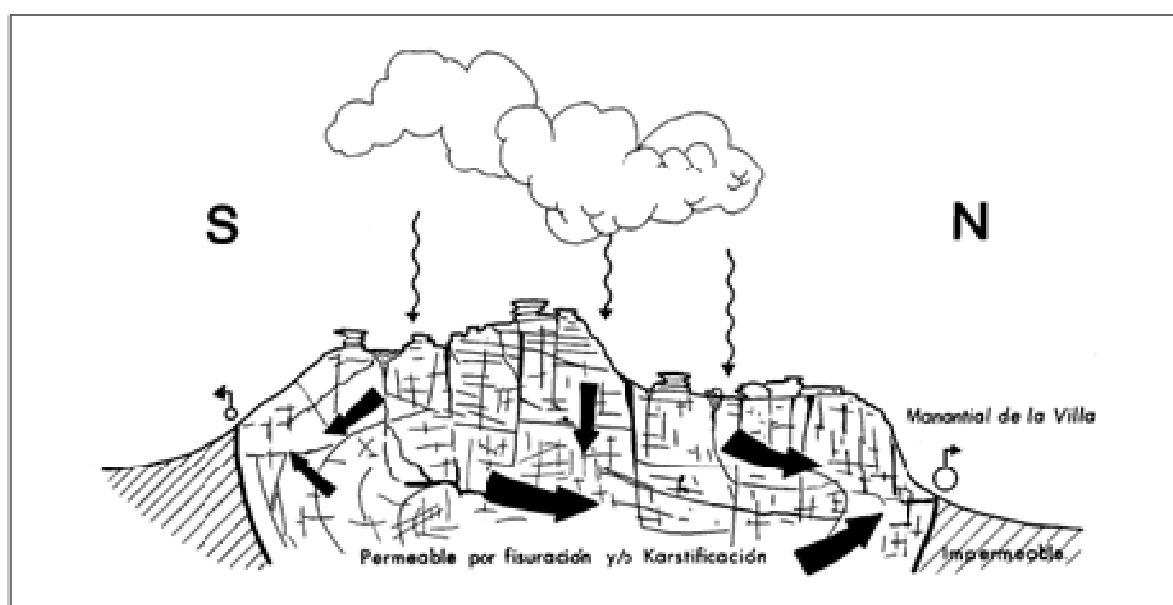


Figura 4. Esquema hidrológico del macizo kárstico del Torcal (Burillo 1998).

La descarga de esta agua se produce, casi en su totalidad, a través del manantial de La Villa (Jiménez et al., 2004) (Fig. 4), que además de abastecer de agua potable a la población de Antequera, también da riego a gran parte de la vega y a las huertas situadas alrededor de la ciudad.

Del resto de arroyos se pueden destacar en la vertiente Norte los siguientes: Guerrero, Adelfas, Alcázar, Condigüelas, etc. En conjunto se trata de arroyos de

cursos débiles debido a la falta de vegetación de la zona, a los materiales (arcillas, margas y yesos), de baja permeabilidad y al corto recorrido existente entre las cabeceras y el Guadalhorce del que son afluentes. En la vertiente Sur son también arroyos de cursos débiles (Ayuntamiento de Antequera, 2010).

3.1.5 Vegetación

En el municipio de Antequera el clima existente favorece una vegetación de tipo mesomediterráneo templado. Debido a la sequía en época estival, la vegetación también tiene caracteres xerófilos (Carreira, 2009).

Actualmente la cobertura vegetal se encuentra en cierto grado de degradación debido al carboneo, la tala, la actividad ganadera y la acción del hombre en general (Latorre y Artero, 2002), lo que ha determinado una vegetación constituida fundamentalmente por monte bajo. Asimismo, las especies que encontramos están en su mayoría adaptadas a crecer en condiciones poco favorables como serían las fisuras y grietas de las rocas calizas (Rosado, 2010). Estas rocas se encuentran recubiertas por variados líquenes. En lugares de poca acumulación de sustrato aparecen también comunidades de musgos que pueden contener a su vez pequeños helechos (Carreira, 2009).

La vegetación potencial del lugar se encuentra representada por encinares (*Quercus ilex*). La mayoría de estos encinares se encuentra en etapa de coscojar enriquecido con la presencia de majuelos, piornales y genistas, otros se encuentran en la etapa de matorral, predominando aulagas y retamas, y en otras zonas el encinar aparece mezclado con quejigos (Ayuntamiento de Antequera, 2010).

También se observa la abundancia de otros árboles como arces (*Acer monpessulantum*), pinares de repoblación, olmos, chopos, sauco (*Sorbus aria*), eucaliptos y álamos, y de una cohorte de arbustos como “el durillo” (*Sambucus nigra*), aulagas, tomillares y retamas, así como herbáceas entre las que se encuentran las abundantes “peonías” (*Paeonía broteroi*) (Carreira, 2009), sin olvidar madreselvas, espinares y zarzales, que cubren gran parte del Torcal Alto.

Este paraje cuenta a su vez con vegetación de ribera, de gran importancia, pero en casi desaparición en la zona, pudiéndose observar en algunos tramos concretos del río Guadalhorce y arroyos.

3.1.6 Flora

La riqueza florística de El Torcal está protegida por la legislación autonómica, pues se ha creado un área de reserva dentro del paraje, ya que este mismo cuenta con especies catalogadas como En Peligro de Extinción, así como especies de flora endémica (Latorre y Artero, 2002).

Entre estos endemismos, es decir, que poseen una distribución geográfica muy restringida y sólo es posible encontrarla de forma natural en ese lugar, cabe destacar: *Fumaria macrosepala* y *Sarcocapnos baetica*, propias de comunidades rupícolas nitrófilas; *Linaria anticaria*, *Gallium pulvinatum*, *Centaurea clementei*, cuatro especies de *Saxifraga* (*bitermata*, *camposii*, *reuterana*, *boisseri*) y *Stachys circinata*, propias en este caso de comunidades rupícolas no nitrófilas; *Lepidium calycotrichum*, presente en pastizales de *Poa bulbosa*; y *Dianthus anticaria* y *Nepeta amethystina* en pastizales hemicriptófitos y en los pies de taludes. Sin olvidar mencionar la *viola demetria*, que vive en pastizales xerófitos magnesícolas.

La flora rupícola, plantas que crecen en asociación con rocas, se halla ampliamente representada, sobre todo en las zonas de umbría. Son interesantes la crucífera *Brava hispánica*, endémica a su vez del sur de la península y *Campanula hispánica*, extendida por El Torcal. También son abundantes especies de bulbosas y flores como lirios, así como casi cuarenta especies diferentes de orquídeas (Carreira, 2009).

3.1.7 Fauna

La fauna es uno de los factores más representativos del lugar y, al igual que la flora, ha estado condicionada en muchos casos por la acción del hombre (venenos, expolio de nidos, actividades deportivas incontroladas, etc.). Se han inventariado en el paraje 116 especies de vertebrados: 1 de Anfibio, 11 de Reptiles, 82 de Aves y 22 de Mamíferos. Existen gran variedad de invertebrados, mayoritariamente insectos, que constituyen la base de la alimentación de muchas de las especies de vertebrados (Rosado, 2010).

La avifauna es uno de los valores más característicos del paraje, pues constituye un área de campeo y nidificación de grandes rapaces, así como una estación de paso en aves migratorias. Entre las especies más destacadas se encuentran el Águila Real (*Aquila chrysaetos*), el Halcón Peregrino o el Águila Perdicera (*Falco peregrinus*), los Buitres Leonados (*Gyps fulvus*) la aguililla calzada (*Hieraaetus pennatus*) o el búho real (*Bubo bubo*). La existencia de dichas especies es escasa, motivo por el que la Sierra fue declarada como Zona Especial para la Protección de las Aves (Z.E.P.A.), en virtud de la Directiva Comunitaria nº79/409. En cuanto a los mamíferos, el paraje no presume de una existencia de grandes predadores o herbívoros, siendo los más representativos el Zorro (*Vulpes vulpes*) y la Cabra Montés (*Capra pirenaica*) (González et al. 2003).

3.1.8 Presencia humana

La presencia humana se remonta a la prehistoria, concretamente al Neolítico (5.500-3000 años a.C.), hallándose yacimientos arqueológicos en la Cueva del Toro. En este terreno existía una gran fuente de sílex, así como presencia de cuevas y abrigos. En estos tiempos el impacto del hombre sería mínimo basándose su sustento en la caza y la recolección, evolucionando posteriormente hacia el cultivo, el cual se limita a cereales y otros cultivos herbáceos de secano como la alfalfa, cereales, habas, y el pastoreo. También contamos con restos más recientes, de origen romano que apuntan hacia la explotación de canteras, usándose las calizas en la construcción de villas próximas al Torcal: Anticaria, Osqua y Nescania. En cuanto a la posterior presencia árabe, estos si tuvieron una presencia más prolongada, prueba de esto era la torre vigía en sierra Chimenea, la cual fue derribada en los años 70 por un rayo (Martín Socas et al., 2004). Con la revolución industrial, como se ha mencionado anteriormente, desaparece la capa arbórea del paraje debido al carboneo, se intensifica la explotación de canteras y aumenta el pastoreo de manera considerable.

3.2. Material informático (hardware y software)

Para realizar nuestro proyecto nos serviremos del uso de un sistema de información geográfica, en concreto QGIS 3.4.14 'Madeira', software libre, gratuito y de código

abierto, lo que ha permitido su uso sin restricciones en este trabajo. La versión empleada es la recomendada como más estable en el momento de la realización del trabajo. Se descarga directamente desde la página: <https://www.qgis.org/es/site/>

Mediante este software se incorporan distintas capas de información, que permiten la construcción del SIG, proporcionando una visualización global del terreno de estudio. Entre ellas, se encuentra la que se ha desarrollado a partir de los puntos y paradas, con coordenadas X e Y capturadas con un GPS de mano modelo GARMIN eTrex Vista, durante la visita que se realizó al paraje, quedando resumida en dos rutas: Ruta general y Torcal Alto.

Posteriormente estas coordenadas se extraen directamente del aparato y mediante el uso de Excel las convertimos en un archivo legible para el programa.

Además de las coordenadas, se encuentran agregados a estos puntos otros datos que formarán la base de datos correspondiente a cada una de las rutas. Para crear estas bases de datos emplearemos hojas de cálculo Excel que posteriormente exportaremos como CVS, legible en el SIG.

Este proyecto ha sido realizado desde un ordenador portátil, en concreto HQ-TRE de la marca HP.

3.3. Creación del SIG.

3.3.1. Adquisición y captura de la información

3.3.1.1. Información disponible en IDEs y servidores de mapas y datos

Se han descargado múltiples capas de información desde diferentes servicios web e infraestructuras de datos espaciales (IDE), que se relacionan a continuación:

- Centro de descargas del Centro Nacional de Información Geográfica (CNIG-IGN), <http://centrodedescargas.cnig.es/CentroDescargas/> :
 - Ortofotografía PNOA de máxima actualidad: hojas 1023, 1024, 1038 y 1039 del MTN50.
 - Modelos digitales del terreno, MDT25: hojas 1023, 1024, 1038 y 1039 del MTN50.
- Datos Espaciales de Referencia de Andalucía (DERA) <https://www.juntadeandalucia.es/institutodeestadisticaycartografia/DERA/index.htm>:

- Hidrografía: manantiales, ríos, acuíferos y cuencas
 - Medio físico: unidades del paisaje, unidades estructurales, unidades litológicas y unidades geológicas.
 - Usos: usos y georrecursos
 - Vías: red complementaria metropolitana, red intercomarcal, red local de carreteras y otras.
 - Sistema urbano: edificación singular, edificación rural y núcleo metropolitano.
 - Patrimonio
 - Divisiones administrativas: términos municipales
 - Toponimia: núcleo, cotas y sierras.
- Red de Información Ambiental de Andalucía (REDIAM), <http://descargasrediam.cica.es/repo/s/RUR>
- Curvas de nivel
 - Infraestructuras geográficas: puntos geodésicos, límite administrativo y cuadrícula 10.
 - Toponimia
 - Relieves: Curva de nivel, punto de cota y líneas de ruptura
 - Servicios: instalaciones puntuales, cementerio, instalaciones mineras, parque de atracciones, camping e instalación recreativa.
 - Red hidrográfica: corriente natural, masas de agua, surgencia y punto fluvial.
 - Red viaria: carretera L, carretera S, camino senda pista, línea complementaria, isleta vial y puentes.
 - Infraestructuras energética-telecomunicaciones: antenas, conducción, explotación minera, instalación de energía eléctrica, infraestructuras energéticas de telecomunicaciones, torre de tendido, depósito de hidrocarburos, instalación de hidrocarburos, cintas transportadoras y tendido eléctrico.
 - Infraestructuras hidráulicas: depósitos hidráulicos y presa.
 - Infraestructuras de transportes: infraestructuras de transporte público, explanada y área de descanso.
 - Infraestructuras medioambientales: infraestructuras medioambientales puntuales y instalación de tratamiento de aguas.

- Cubierta terrestre: cortafuegos S y L, espacio natural protegido y lindes.
- Artesanía.

3.3.1.2. *Captura de datos sobre el terreno*

Para realizar la captura de datos sobre el terreno nos desplazamos hasta el Torcal de Antequera y se establecieron dos rutas: Ruta general y ruta del Torcal Alto.

La ruta general se hizo en coche debido a sus dimensiones, realizándose distintas paradas durante el recorrido en las que se tomaron notas y observaciones del lugar.

La ruta del Torcal Alto se realizó a pie siguiendo senderos del Paraje, procediéndose asimismo a la recogida de información durante el recorrido. De este modo se obtuvo una recopilación de datos sobre geología, vegetación, litología, fauna, geomorfología, hidrología, etnografía, y usos del paraje (agrícolas, ganaderos, públicos...).

Durante el recorrido se fueron marcando mediante un GPS de mano los distintos puntos. Cada uno de ellos tendrá asociadas una o varias observaciones.

3.3.2. *Integración de la información en el SIG*

3.3.2.1. *Elaboración de la base de datos de los puntos y paradas*

Para integrar la información capturada en el campo en el SIG elaboramos una base de datos en una tabla Excel (Fig. 5) para cada una de las rutas establecidas. Los puntos marcados se extraen del GPS obteniéndose sus coordenadas X e Y, que se ordenan en una hoja de cálculo, asociándolas a las distintas observaciones. Esta base de datos se completará con la información obtenida durante la visita al Torcal de Antequera, con los datos visuales anotados en el cuaderno y los obtenidos con el GPS (coordenadas, puntos, paradas...).

Para ello establecemos una serie de columnas correspondientes a los distintos campos. Algunos de estos los encontraremos repetidos hasta en dos o tres columnas, debido a que en algunos puntos aparecen más de un valor para un mismo atributo.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
1	TRAMO	Overview	Altitud	Coord_Y	Coord_X	Observa	Puntos	Paradas	Serie	Geol_SE_1	Serie_2	Geol_SE_2
2	A	1	565	37,0103472	-4,56056389	Inicio de ruta	1	Parada 0				
3	A	2	577	37,0085306	-4,56034722	Cruce con C-	2	Punto Ruta				
4	A	3	589	37,0036583	-4,55981667	Cruce con A-	3	Punto Ruta				
5	A	4	543	37,001025	-4,55496389	Parada 1	4	Parada 1	Margas arcill	1010101		
6	A	5	538	37,0023028	-4,55409444	Parada 1	5	Punto Ruta				
7	A	4	543	37,001025	-4,55496389	Parada 1	4	Parada 1	Margas arcill	1010101		
8	A	6	584	36,987625	-4,54129722	Cruce C-237	6	Punto Ruta				
9	A	7	592	36,9866306	-4,54155556	cruce con car	7	Punto Ruta				
10	A	8	590	36,9849972	-4,54331944	Parada 2	8	Parada 2	Margas arcill	1010101	Conglomerat	1010108
11	A	7	592	36,9866306	-4,54155556	cruce con car	7	Punto Ruta				
12	A	9	586	36,9859278	-4,53955	Parada 3	9	Parada 3	Margas arcill	1010101	Conglomerat	1010108
13	A	10	597	36,983725	-4,53376389	Parada 4	10	Parada 4	Margas arcill	1010101	Conglomerat	1010108
14	A	11	648	36,9842667	-4,52342778	cruce con C-	11	Punto Ruta				
15	A	12	622	36,9868583	-4,52776944	Parada 5	12	Parada 5	Margas arcill	1010101		
16	A	13	638	36,9891083	-4,52663333	Parada 5	13	Punto Ruta				
17	A	12	622	36,9868583	-4,52776944	Parada 5	12	Parada 5	Margas arcill	1010101		
18	A-B	11	648	36,9842667	-4,52342778	cruce con car	11	Punto Ruta				
19	B	14	794	36,9767667	-4,50271111	Parada 6	14	Parada 6	Conglomerat	1010108		
20	B	15	866	36,9738222	-4,49222222	Parada 7	15	Parada 7	Dolomías gri	1010102	Calizas blanc	1010103
21	B	16	972	36,9635583	-4,51319167	Parada 8	16	Parada 8	Calizas oolíti	1010104	Conglomerat	1010108
22	B	17	1106	36,9606444	-4,52681667	Parada 9	17	Parada 9	Calizas oolíti	1010104	Calizas nodu	1010105
23	B	18	1156	36,9580222	-4,53293056	Parada 10	18	Parada 10				

Figura 5. Base de datos de la ruta general del Torcal. Captura de pantalla obtenida de una hoja de cálculo Excel.

Se añaden columnas tanto con componentes alfanuméricos como con una serie de códigos. Estas columnas con códigos irán seguidas de la columna con texto, a la que está asociada, y se incluyen para facilitar las consultas a la base de datos y la elaboración de mapas (leyendas más sencillas y con menor posibilidad de errores).

La base de datos de la ruta general está compuesta por 72 columnas, de las cuales 40 se corresponden a descripciones alfanuméricas y 32 a códigos asociados a las primeras.

Estas columnas abarcan los campos:

- Tramo
- Overview
- Altitud
- Coordenada Y
- Coordenada X
- Observaciones
- Puntos
- Paradas
- Serie litoestatigráfica 1, 2 y 3
- Intereses
- Contexto
- Unidades litoestatigráficas 1 y 2
- Geodinámica
- Geomorfología
- Hidrografía
- Unidades territoriales
- Unidades ambientales 1 y 2
- Bosques
- Sustituciones
- Otras formaciones
- Árboles 1 y 2
- Arbustos 1 y 2

- Lianas
- Vegetación herbácea
- Vegetación rupícola
- Vegetación endémica
- Usos
- Usos públicos
- Otros usos
- Impactos
- Historia
- Etnografía 1 y 2
- Fauna

La base de datos de la ruta del Torcal Alto la forma un total de 74 columnas, 42 alfanuméricas y 32 correspondientes a códigos.

Los campos que encontramos son:

- Tramo
- Alto
- WayPoint
- Coordenada X
- Coordenada Y
- Altitud
- Localidad
- Observaciones
- Puntos
- Paradas
- Serie litoestatigráfica 1, 2 y 3
- Intereses
- Contexto
- Unidades litoestatigráficas 1 y 2
- Geodinámica
- Geomorfología
- Hidrografía
- Unidades territoriales
- Unidades ambientales 1 y 2
- Bosques
- Sustituciones
- Otras formaciones
- Árboles 1 y 2
- Arbustos 1 y 2
- Lianas
- Vegetación herbácea
- Vegetación rupícola
- Vegetación endémica
- Usos
- Usos públicos
- Otros usos
- Impactos
- Historia
- Etnografía 1 y 2
- Fauna

Los códigos se han creado de acuerdo a una clasificación jerárquica de los atributos y valores. Así se han reservado 8 dígitos, distribuidos de la siguiente manera:

- Los dos primeros se reservan para los temas: 01 (Geología), 02 (Hidrología), 03 (Geografía), etc.
- Los dos siguientes para los distintos aspectos o variables de cada tema. Así en el caso de la geología se tienen los siguientes: 0101 (Serie estratigráfica), 0102 (Unidades Geológicas), 0103 (Geodinámica/Tectónica), etc. En el caso

de la vegetación, se aplican: 0501 (Formaciones vegetales), 0502 especies características o indicadoras), etc.

- Los dos siguientes para subaspectos dentro de los anteriores. Así en el caso de la serie estratigráfica se distingue entre la edad (010101) y el interés geológico de la serie (010102). Para las formaciones vegetales se distinguen entre bosques (050101), etapas de sustitución/degradación (050102) y otras formaciones (050103). Hasta ahora estos tres aspectos considerados aparecen como campos (atributos) distintos de la base de datos.
- Los dos últimos dígitos corresponden al valor asignado a cada atributo, es decir la serie estratigráfica de una edad determinada (por ejemplo, calizas y arcillas triásicas, codificadas como 01010101) o el tipo bosque (por ejemplo, encinares basófilos termomediterráneos, codificados como 05010101).

3.3.2.2. Integración de las distintas capas de información en el SIG.

Las capas de información que hemos cargado en nuestro SIG serán de tres tipos: vectoriales, ráster y las procedentes de datos de texto, que en nuestro caso serán hojas Excel.

Mientras en el modelo vectorial los puntos, líneas y polígonos son los elementos principales del sistema, almacenando coordenadas de los vértices de cada elemento geométrico; en el modelo ráster, es la celda, almacenando píxeles.

Para cargar las capas seleccionaremos en la barra de herramientas “capa” y seguidamente “añadir capa”. Aquí seleccionaremos el tipo de capa que queremos cargar, vectorial o ráster.

Para añadir la información procedente de texto, como es el caso de la base de datos y de las coordenadas, deberemos convertir las hojas Excel, donde hemos ordenado y clasificado esta información, en un archivo CSV (texto delimitado por comas), que ya puede ser incorporado a QGIS, como información geográfica, simplemente indicando las columnas o campos de la base de datos en los que se encuentran las coordenadas x e y, capturadas con el GPS e introducidas manualmente en la tabla Excel.

3.3.2.3. Digitalización de las rutas y obtención de perfiles

Una vez tenemos toda la información incorporada en el SIG procederemos a la digitalización de las dos rutas. Para ello cargaremos una serie de ortofotografías del terreno, que nos aportarán una visualización aérea del paraje. Nos permitirá visualizar caminos y carreteras por donde podremos trazar las rutas.

Las rutas se trazarán utilizando la capa con los datos provenientes del GPS. Esta capa la forman los puntos que hemos ido marcando durante la visita al Torcal, por tanto, será una capa de puntos. Estos puntos se unirán por orden, formando una serie de tramos, que en conjunto darán lugar a la ruta.

Para unir los puntos crearemos una nueva capa de archivo shape (Fig. 6) (vectorial) a la que le asignaremos el nombre de “Tramos”.

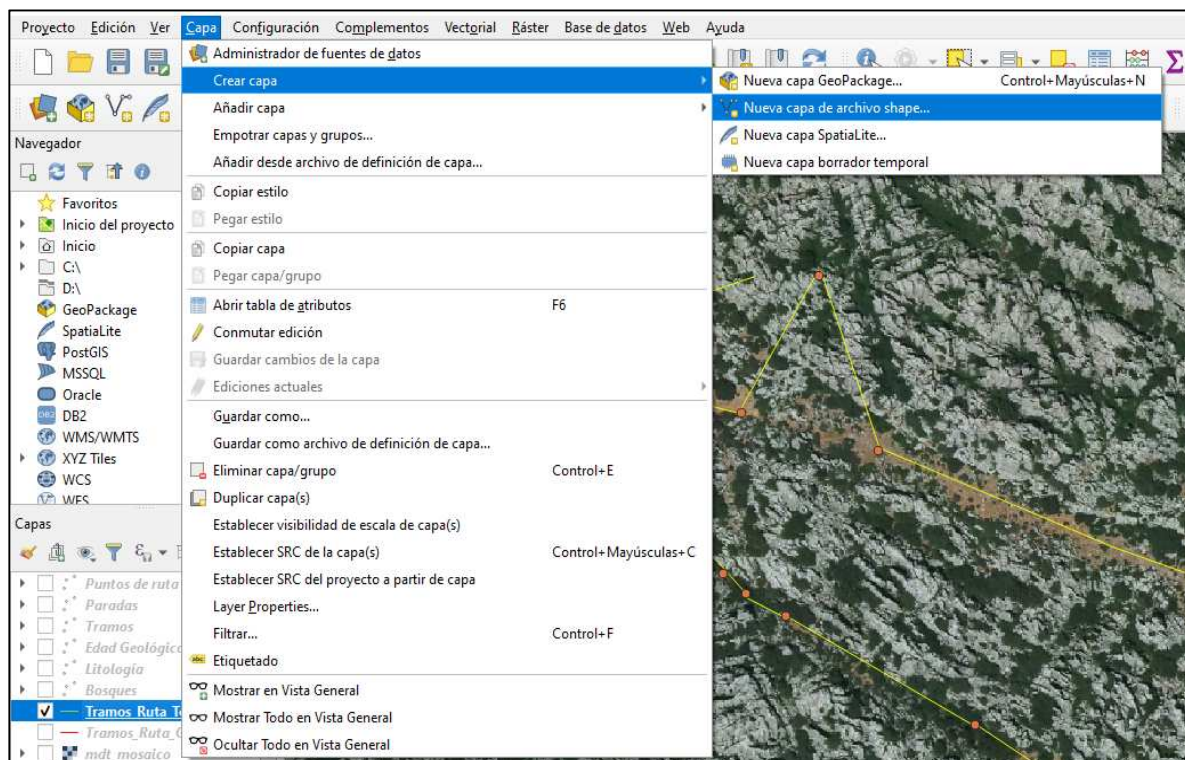


Figura 6. Procedimiento para crear una capa de archivo shape. Captura de pantalla obtenida de QGIS.

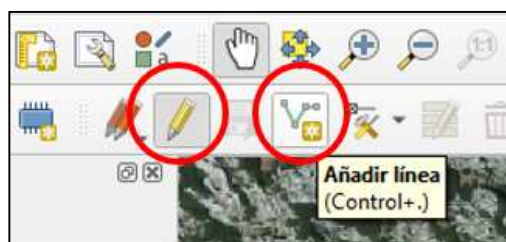


Figura 7. Herramientas conmutar edición y añadir línea

Una vez tenemos esta capa creada seleccionaremos la herramienta con forma de lápiz “conmutar edición” y posteriormente “añadir línea” (Fig. 7).

Aquí solo nos queda seleccionar el punto del que queremos partir nuestro primer tramo con el botón derecho del ratón y trazando con el

izquierdo el recorrido a seguir. Cuando lleguemos al siguiente punto, lugar donde acaba el tramo, pulsaremos de nuevo el botón derecho del ratón y daremos nombre al tramo conseguido. Este será el proceso a seguir para obtener el resto de tramos que en conjunto formará la ruta.

3.4. Explotación del SIG

3.4.1. Análisis de la información.

3.4.1.1. Añadir atributos a la base de datos desde capas de información

Una vez creada la base de datos de puntos (puntos y paradas), se puede añadir algunos atributos desde las capas disponibles, mediante la herramienta Point Sampling Tool. En concreto, los atributos de la unidad geológica (serie litoestratigráfica) y el uso del suelo principal se añaden de esta forma. Una vez abierta la herramienta se selecciona la capa de puntos a la que añadir el atributo y la capa (vectorial o ráster) desde la que añadir el atributo correspondiente a la posición de cada punto.

3.4.1.2. Información de las rutas y tramos.

Los tramos digitalizados nos pueden aportar distinta información. En primer lugar, se pueden obtener las longitudes de los tramos, para lo cual se añade un nuevo campo de tipo numérico decimal (real). Una vez añadido se emplea la calculadora de campos y se aplica la función de geometría \$length, que permite calcular la longitud de un tramo.

A continuación, se puede obtener el perfil altimétrico de cada uno de estos tramos, para lo que utilizaremos la herramienta Profile Tool. Este complemento debemos instalarlo desde la barra de herramientas, seleccionando “complementos” y posteriormente “administrar e instalar complementos”. Aquí buscaremos esta herramienta y seleccionaremos la opción “instalar complemento” (Fig. 8).

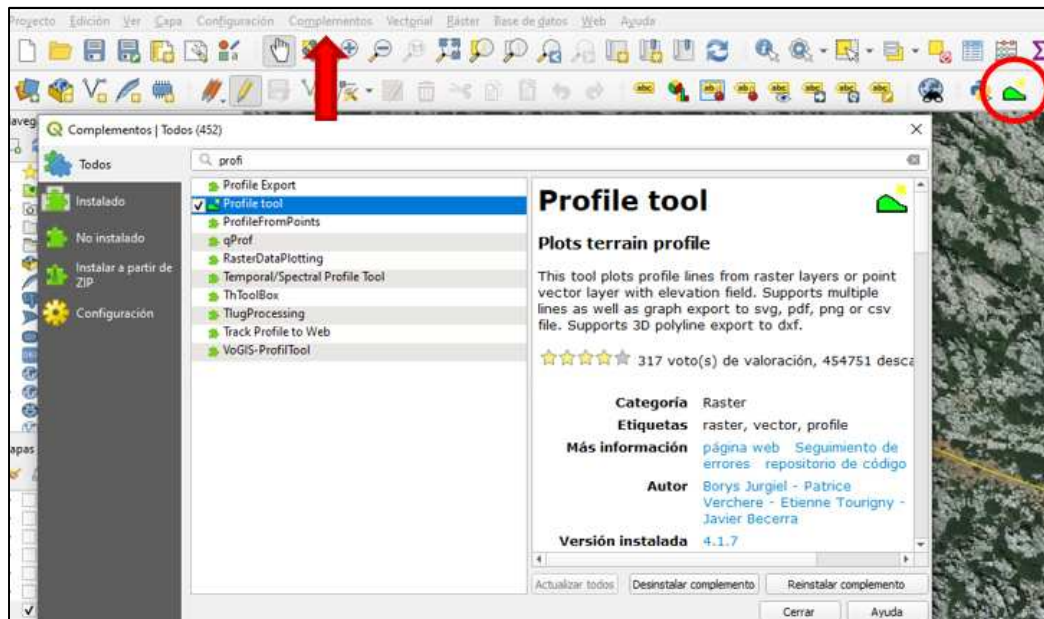


Figura 8. Procedimiento para descargar la herramienta Profile tool. Captura de pantalla obtenida de QGIS.

Una vez tenemos instalada esta herramienta, procedemos a añadir una capa MDT en el SIG sobre la que trabajaremos, a la cual nombraremos como mdt_mosaico. Esta capa resulta de la combinación (herramienta Ráster/Miscelánea/Combinar), de los modelos digitales del terreno de las hojas previamente descargados (1023, 1024, 1038 y 1039). Posteriormente se recorta según el límite definido de la zona mediante la herramienta Ráster/Extracción/Cortar ráster por capa de máscara).

Hecho esto procederemos a seleccionar el complemento indicado para elaborar los perfiles.

Seguidamente seleccionamos la capa sobre la que vamos a trabajar (mdt_mosaico) y la añadimos en Profile Tool. Aquí seleccionamos la opción "selected polyline" (Fig. 9), que nos permitirá seleccionar uno por uno los tramos pulsando sobre ellos.

Para poder finalmente obtener los perfiles debemos primeramente seleccionar la capa de tramos sobre la que queremos trabajar y seguidamente pulsar sobre cada uno de los tramos, obteniendo en cada caso el perfil asociado a este. En este punto no tenemos más que guardar el perfil convirtiéndolo en una imagen JPG.

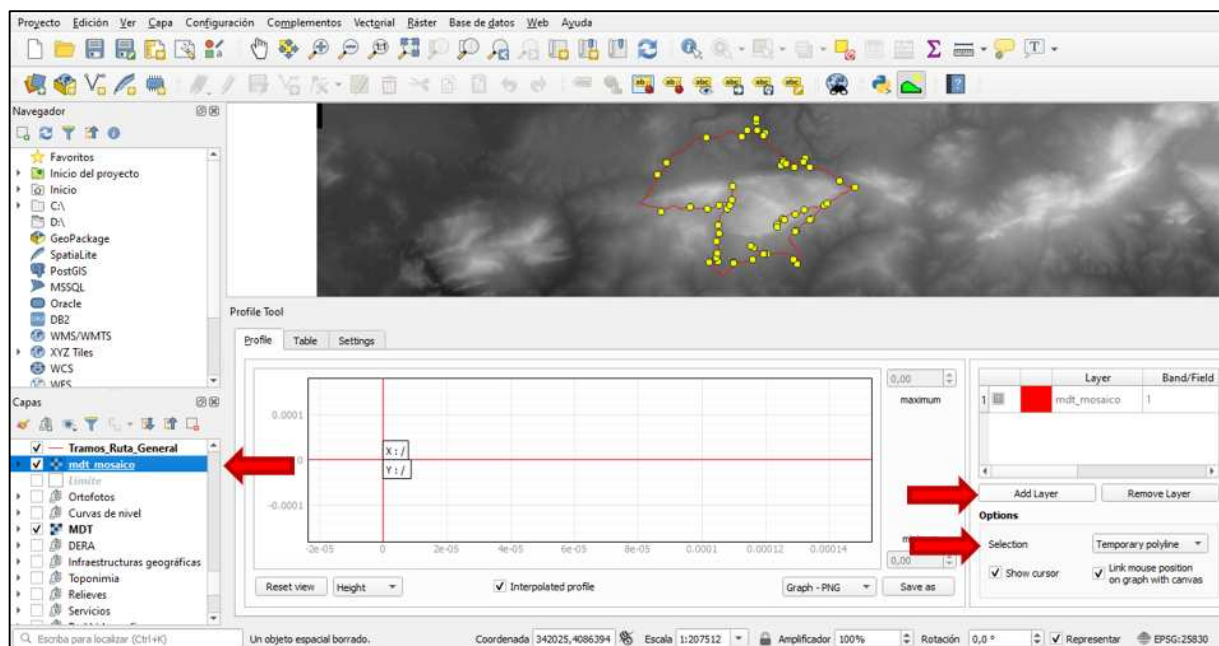


Figura 9. Creación de perfiles topográficos. Captura de pantalla obtenida de QGIS.

3.4.2. Consultas a la base de datos.

Esta es una de las operaciones más importantes que se realizan con un SIG. En este trabajo se van realizar consultas de tipo temático, es decir, sobre los atributos que en este caso son de carácter cualitativo. Para ello se emplea la herramienta Seleccionar objetos por valor, indicando el valor de los atributos que se quieren

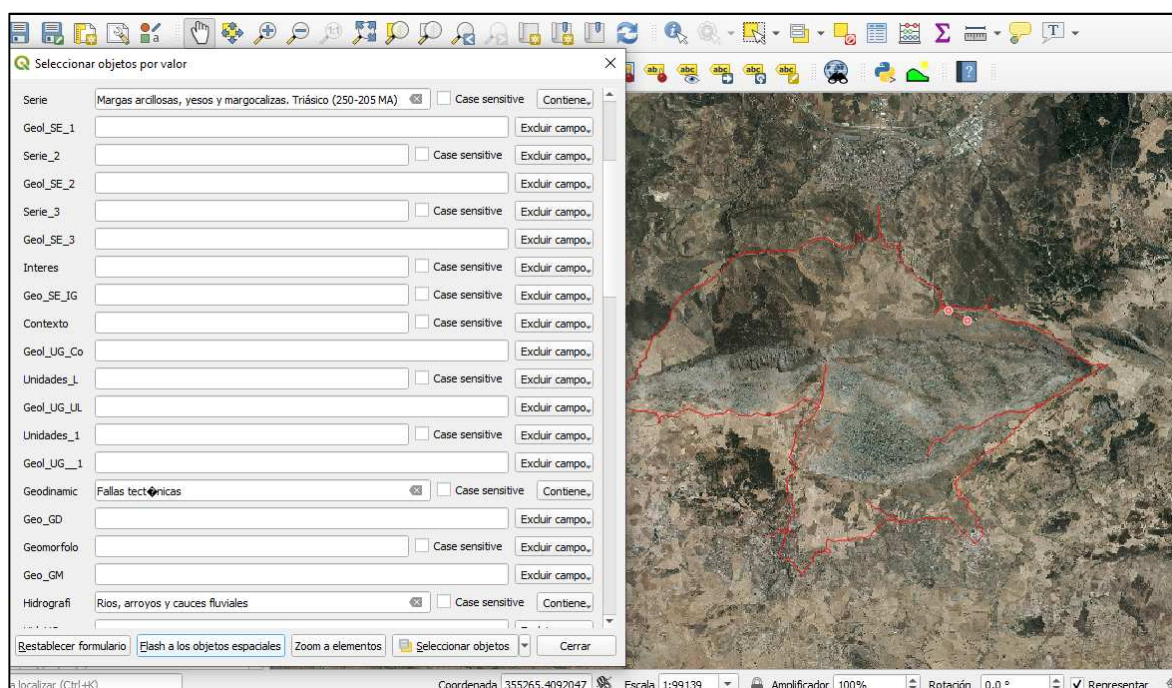


Figura 10. Realización de consultas en el SIG. Captura de pantalla obtenida de QGIS.

encontrar. Una vez indicadas estas condiciones de búsqueda quedaran seleccionados los elementos u objetos que cumplan dichas condiciones (Fig.10)

3.4.3. Obtención de mapas

A partir de las capas incorporadas al SIG, tanto vectoriales como raster, se puede elaborar mapas. En primer lugar, se ha de simbolizar la capa o capas que se quieran incorporar al mapa y posteriormente se compone el mapa, añadiendo el título, la leyenda y la escala. En este trabajo se van a elaborar mapas de algunas capas relevantes dentro de las descargadas desde servidores (ortofotografía, MDT y geología), sobre las que se dispondrá la ruta principal y los puntos y paradas. Sin embargo, el énfasis estará en la elaboración de mapas a partir de las bases de datos de puntos (ruta general y ruta del Torcal Alto), mostrando diferentes atributos o campos de la base de datos.

En este caso, primero se añade la base de datos, ya como capa vectorial (exportada desde la capa de texto delimitada previamente añadida). Dentro de las propiedades de la capa cambiamos la simbología de símbolo único por categorizada, lo que nos permite seleccionar en cada momento la columna sobre la cual queremos trabajar.

El campo seleccionado, una vez clasificado, puede modificarse en cuanto a color, tamaño, forma o tipo de marcador para dar símbolo a cada uno de los componentes del campo. Resulta recomendable hacer un duplicado de la base de datos para cada uno de los campos, de modo que tengamos una capa en la leyenda para cada uno de ellos guardando la simbología de cada atributo y disponiendo de ella cuando sea necesario.

Mediante una composición de impresión exportaremos los mapas de cada uno de los campos de nuestras dos rutas. Esta opción la encontramos dentro de la pestaña “proyecto”. Para realizar estas composiciones añadimos cuatro elementos:

- Mapa: El mapa que se refleja en la composición es el mapa que en el mismo momento tenemos en la pantalla principal de nuestro SIG, por tanto, debemos seleccionar en nuestro sistema de información geográfica el campo correspondiente a la composición que estamos creando. Para la ruta de general establecemos una escala de 1:60.000, y para la ruta del torcal alto una de 1:8.000, que aportan una buena visualización de las rutas y de los

campos que se van a reflejar en el mapa. Ambas cuentan con una posición de X=10 e Y=20, y un tamaño de anchura=220 y altura=170.

- Barra de escala: La colocaremos centrada bajo el mapa. La barra cuenta con cuatro segmentos a la derecha. Trabajamos en kilómetros.
- Leyenda: Para establecer una posición estándar diremos que X=230 e Y=35. Cuando la añadimos nos aparecerá la leyenda completa de todas las capas existentes en el SIG, por lo tanto, debemos deseleccionar la opción “auto actualizar”, de este modo se nos permite borrar los campos que no correspondan al mapa con el que estemos trabajando en el momento.
- Título: Lo situamos centrado sobre el mapa y con un tamaño de letra treinta.

Estos parámetros son los mismos para todas las composiciones. De aquí en adelante se duplica la composición, teniendo así simplemente que modificar el título y el contenido de la leyenda. Para modificar esta última jugamos con la opción “auto actualizar”, ya que al pulsar esta opción la leyenda vuelve a aparecer completa.

Finalizada la composición solo nos queda exportarla como imagen.

Cada mapa tiene asignada una simbología, en función de su contenido. El mapa correspondiente a etnografía, fauna y bosques usan símbolos pictográficos apropiados al contenido, como son una forma imitativa de la cabra en el caso del mapa correspondiente a la fauna o de árboles en el caso de los bosques. Al resto de mapas se le han asignado puntos de colores convencionales, lo más connotativos posible, a excepción del mapa de la edad geológica, en el que se ha seguido de forma aproximada los colores establecidos de la tabla del tiempo geológico.

En su mayoría están compuestas por una simbología de puntos con colores fácilmente distinguibles para cada uno de los componentes que encontramos, a modo de tener una visualización clara. Otros de los mapas disponen de simbología más elaborada.

La ruta general cuenta con un total de 27 composiciones:

- | | |
|-----------------|-----------------------|
| ➤ Árboles | ➤ Historia |
| ➤ Bosques | ➤ Impactos |
| ➤ Contexto | ➤ Intereses |
| ➤ Etnografía | ➤ Lianas |
| ➤ Fauna | ➤ Municipios |
| ➤ Geomorfología | ➤ Otras composiciones |
| ➤ Hidrografía | ➤ Otros usos |

- | | |
|--------------------------|------------------------|
| ➤ Paradas | ➤ Unidades ambientales |
| ➤ Puntos | ➤ Unidades geológicas |
| ➤ Series estratigráficas | ➤ Usos públicos |
| - Litología | ➤ Usos |
| - Edad geológica | ➤ Vegetación endémica |
| ➤ Sustituciones | ➤ Vegetación herbácea |
| ➤ Tramos | ➤ Vegetación rupícola |

La ruta del Torcal Alto abarcará un total de 24 composiciones:

- | | |
|-----------------|--------------------------|
| ➤ Árboles | ➤ Series estratigráficas |
| ➤ Arbustos | - Litología |
| ➤ Bosques | - Edad geológica |
| ➤ Contexto | ➤ Sustituciones |
| ➤ Etnografía | ➤ Tramos |
| ➤ Fauna | ➤ Unidades ambientales |
| ➤ Geodinámica | ➤ Unidades geológicas |
| ➤ Geomorfología | ➤ Unidades litológicas |
| ➤ Intereses | ➤ Usos públicos |
| ➤ Lianas | ➤ Usos |
| ➤ Localidad | ➤ Vegetación herbácea |
| ➤ Paradas | ➤ Vegetación rupícola |
| ➤ Puntos | |

3.5. Elaboración de las guías.

Se ha realizado una guía de cada una de las rutas realizadas en la visita al Torcal con la finalidad de mostrar el recorrido realizado. Para su elaboración se ha relatado lo observado durante el camino, complementándolo con imágenes tomadas en el lugar.

Aquí queda reflejado además todo lo que compone la base de datos de nuestro SIG, pues se realizó a partir de las notas tomadas durante la visita.

Se han añadido, además, a modo de complemento, los perfiles topográficos de los tramos que obtuvimos anteriormente, a cada una de las paradas correspondientes.

Las guías elaboradas se mostrarán como material adicional durante la defensa de este TFG; aquí en Resultados, sólo se incluirán ejemplos de algunas de sus paradas, para no exceder el límite de 50 páginas

3.6. Mapas web.

Los mapas web son una opción interesante que permite realizar el software QGIS, con el objeto de exportar los mapas relaborados y simbolizados en el SIG como un servicio de mapas WMS (Web Map Service), visualizable y consultable vía web. Emplea la herramienta qgisweb, que hay que descargar como complemento. Una vez descargada, se indican las capas de información que se quieran visualizar, la capa y atributo que se quiera hacer consultable (1 solo atributo), así como la posibilidad de incluir herramientas sencillas como un localizador (útil cuando el dispositivo tenga receptor GPS), la propia herramienta de consulta y una herramienta de medida de distancia, así como la inclusión de la leyenda (desplegable o fija).

En principio, se genera una página web interna, almacenada en el ordenador de trabajo, pero que sería posible ofrecerla en abierto para internet y ser consultada en un cliente remoto (localizando la página en un servidor abierto). Además, utilizando lenguajes de programación de páginas web como HTML, puede desarrollarse la página (añadir información marginal, créditos, etc.) y crear páginas enlazadas con distintos mapas e informaciones, así como adaptarla a distintos tipos de dispositivos (ordenadores, tablets o smartphones). La ventaja es extraer la información del SIG y hacerla accesible vía web a través de navegadores convencionales de internet.

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.

Finalmente, obtenemos un conjunto de productos que nos muestra la potencialidad del SIG, entre los que se encuentra la posibilidad de realizar consultas, los mapas obtenidos a partir de la información que compone la base de datos, las guías correspondientes a las dos rutas, y la aplicación en mapas web.

4.1. Consultas

Se reseñan algunos ejemplos de consultas (capturas de pantalla QGIS):

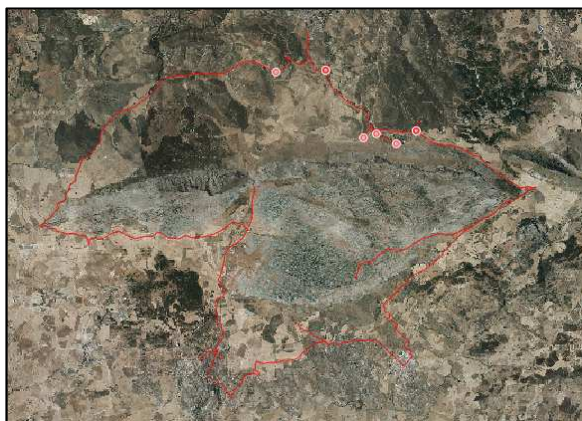


Figura 12. Puntos que presentan una serie de margas arcillosas, yesos y margocalizas del Triásico.

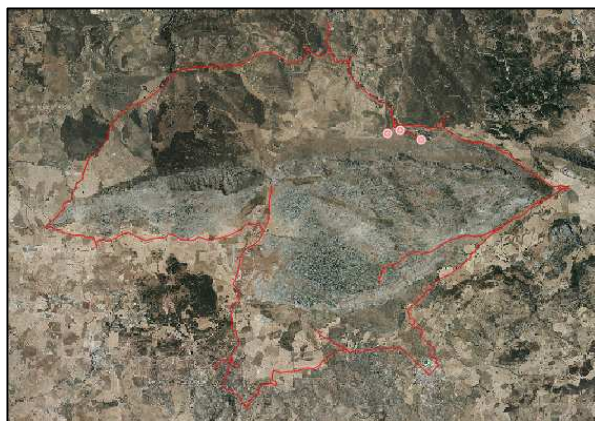


Figura 11. Puntos que presentan margas arcillosas, yesos y margocalizas del Triásico, junto con estructuras de fallas tectónicas.



Figura 14. Puntos que presentan “polje, uvala o Navazo”.



Figura 15. Puntos que presentan encinares basófilos termomediterráneos.



Figura 16. Puntos que presentan encinares basófilos termomediterráneos junto a *Quercus coccifera*.



Figura 17. Puntos que presentan fresnos o sauces.



Figura 18. Puntos que presentan a la vez *Genista umbellata* y *Genista cinérea*.



Figura 19. Puntos con usos ganaderos



Figura 20. Puntos con yacimientos del periodo árabe.



Figura 21. Puntos con fuentes y abrevaderos en cortijos.



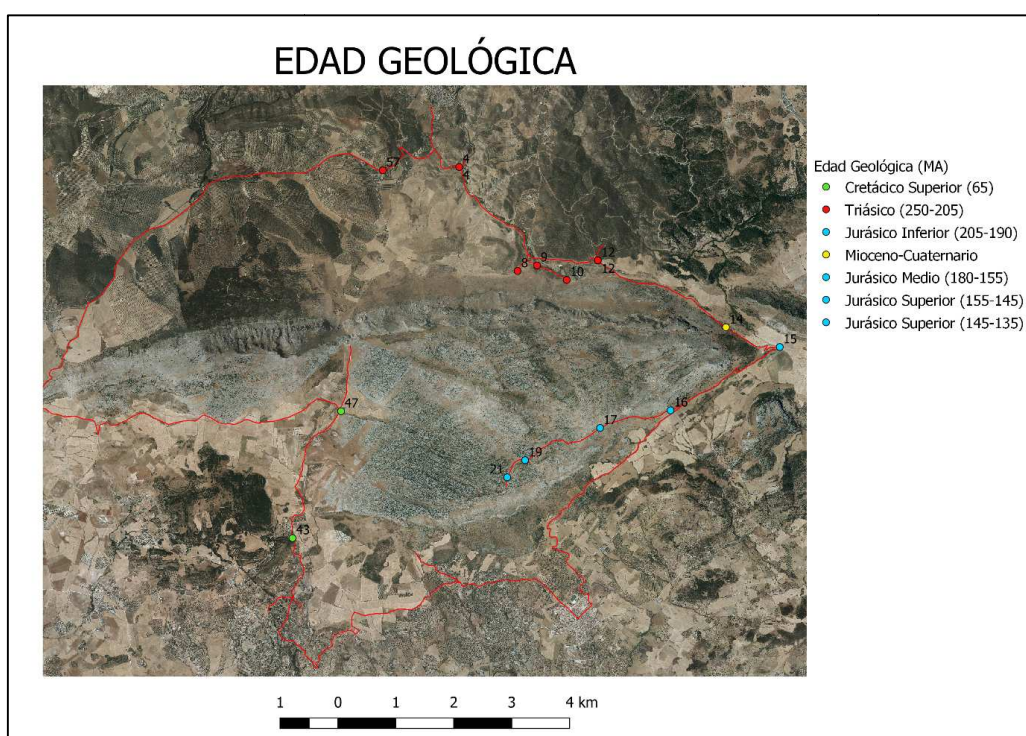
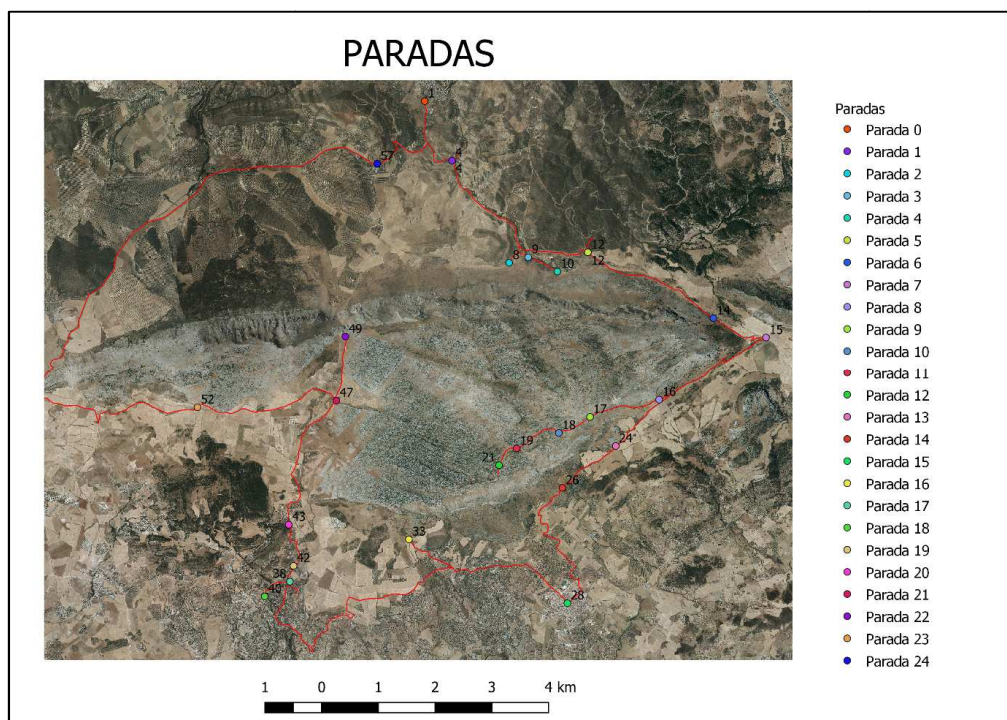
Figura 21. Puntos con fuentes y abrevaderos.



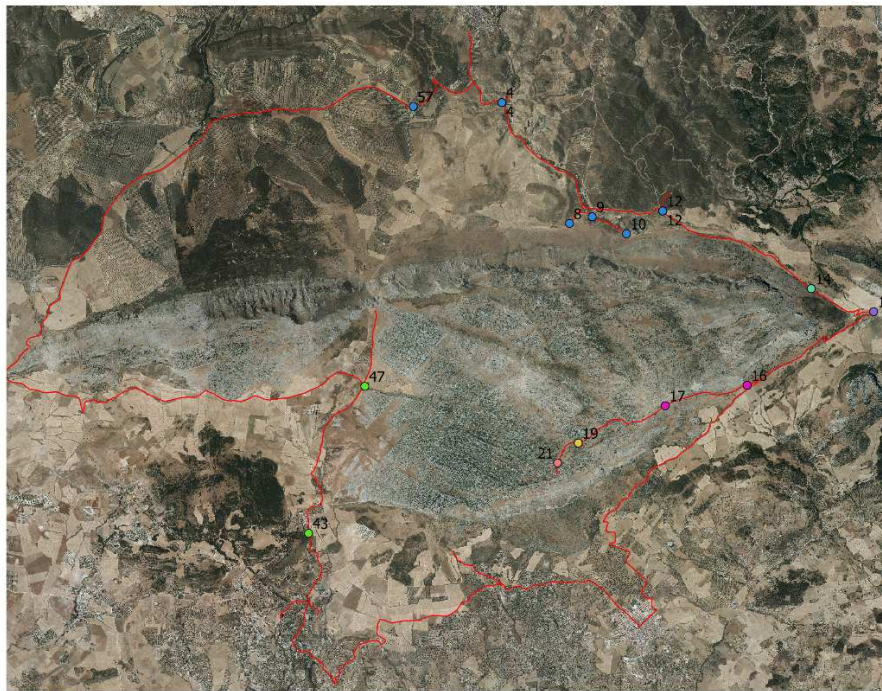
Figura 22. Puntos donde se haya visto cabra montés.

4.2. Mapas.

A partir de las bases de datos de puntos de la Ruta General y de la Ruta del Torcal Alto, se obtienen hasta cincuenta y tres mapas de diferentes temas. Se muestra una representación de estos mapas de la Ruta General a modo de ejemplo (el resto de mapas obtenidos se mostrará en la defensa del TFG, como información cartográfica complementaria).



LITOLOGÍA



Litología

- Calizas margosas rojas
- Margas y yesos
- Dolomías grises
- Conglomerados
- Calizas oolíticas y pisolíticas
- Calizas noduloso-brechoides
- Calizas clásticas compactas

1 0 1 2 3 4 km

GEOMORFOLOGÍA

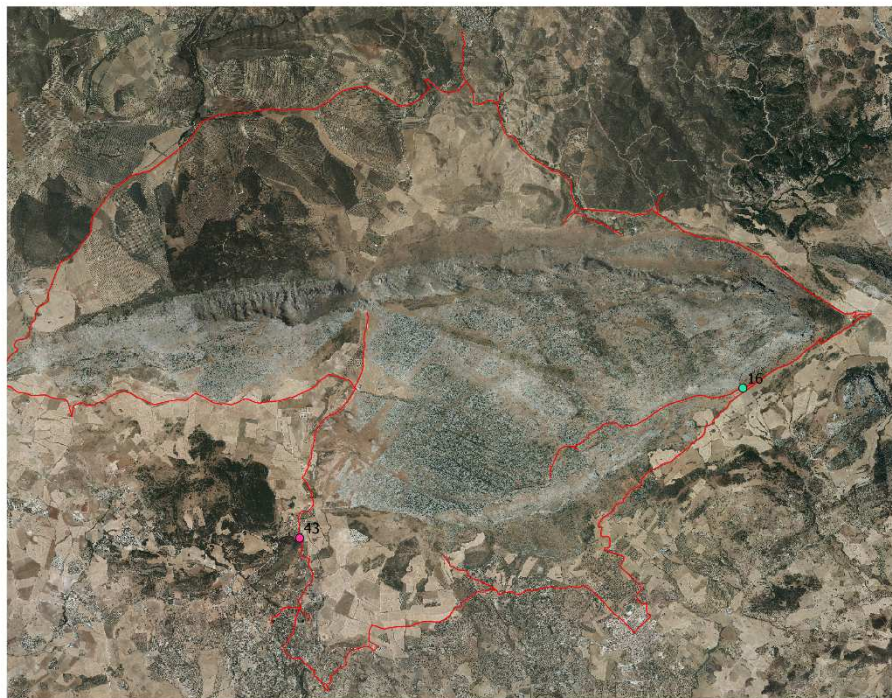


Geomorfología

- Cuevas y Simas
- Gelifracción
- Paleoglaciario
- Nacimientos y Fuentes
- Polje

1 0 1 2 3 4 km

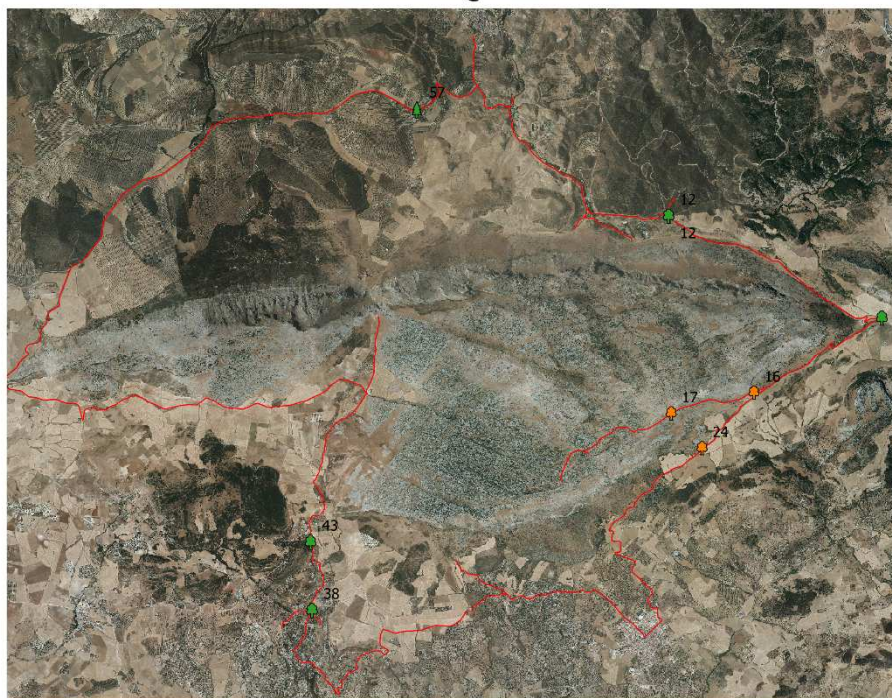
VEGETACIÓN ENDÉMICA



Vegetación endémica
 ● *Dianthus malacitanus*
 ● *Nepeta amethystina*

1 0 1 2 3 4 km

BOSQUES



Bosques
 ● Alcornocales
 ● Encinares
 ▲ Pinares de repoblación

1 0 1 2 3 4 km

ETNOGRAFÍA

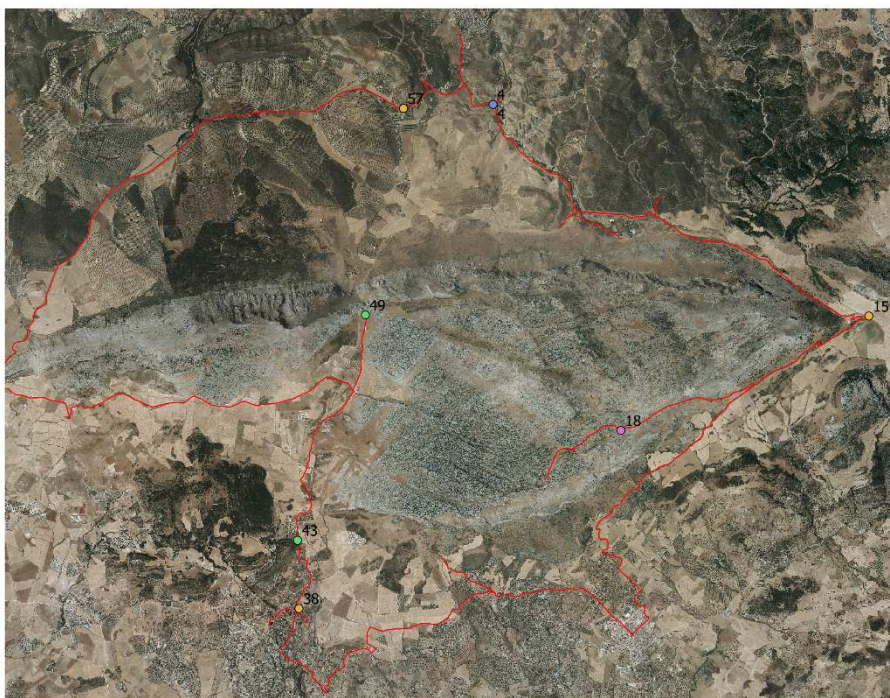


Etnografía

- Chozas y abrigos de pastores
- Cortijos, cortijadas y ventas
- Fuentes y abrevaderos

1 0 1 2 3 4 km

HISTORIA



Historia

- Arqueología industrial
- Periodo árabe y reconquista
- Yacimientos neolíticos
- Yacimientos romanos

1 0 1 2 3 4 km

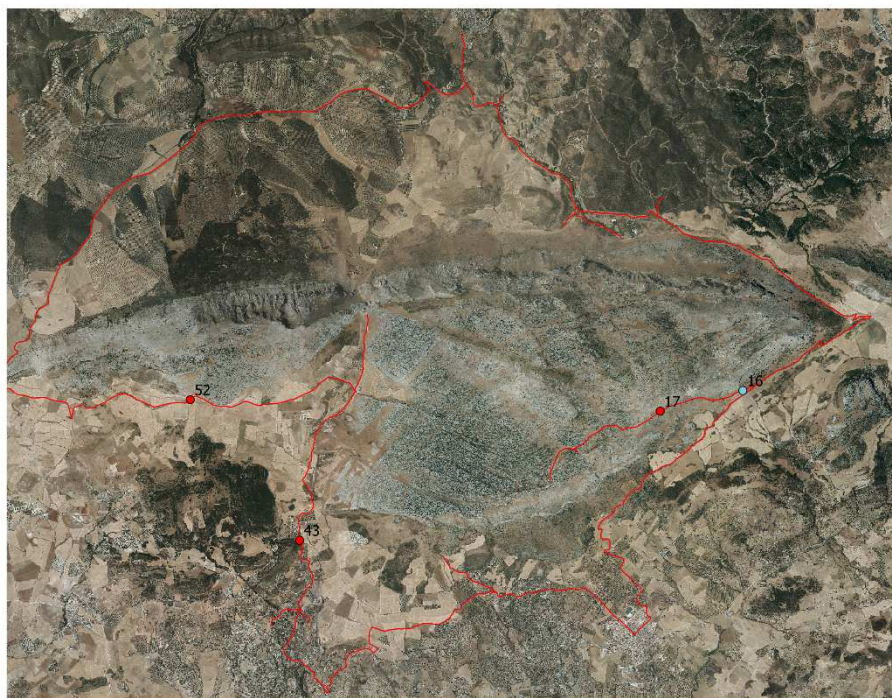
USOS PÚBLICOS



- Usos Públicos
- Centro de recepción
 - Instalaciones recreativas
 - Miradores
 - Monumentos Naturales

1 0 1 2 3 4 km

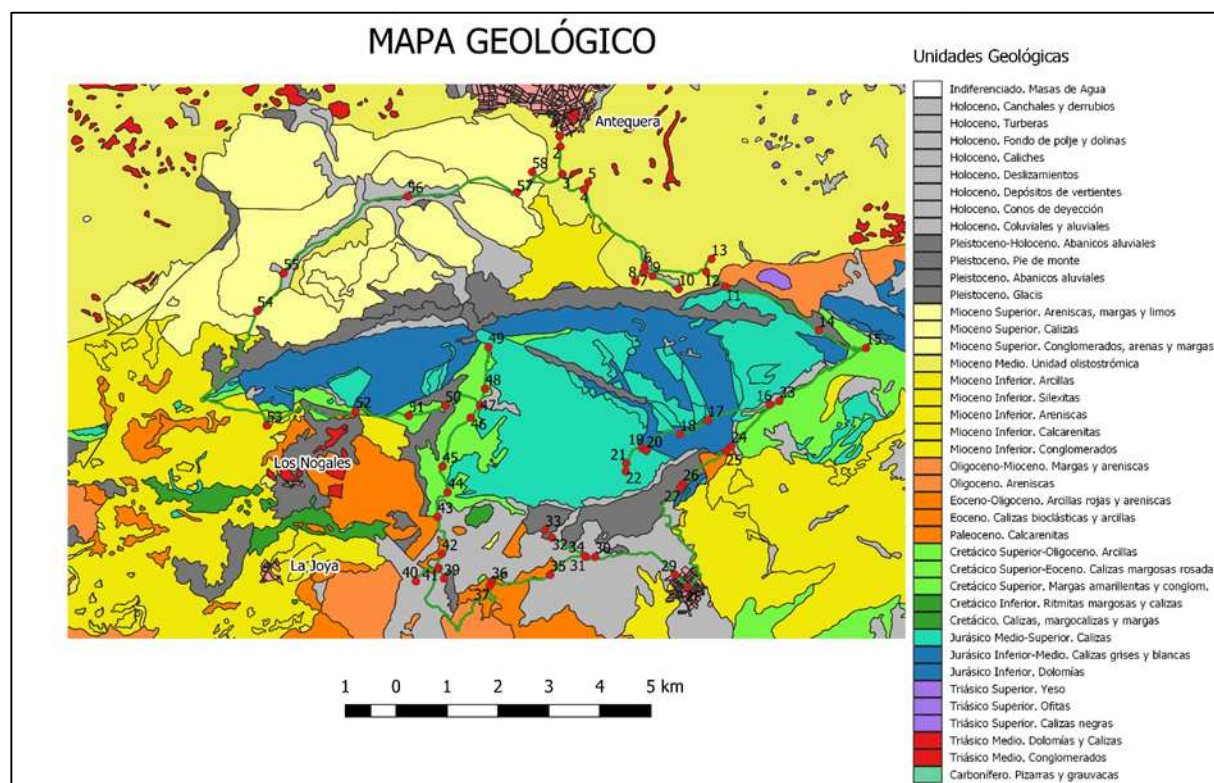
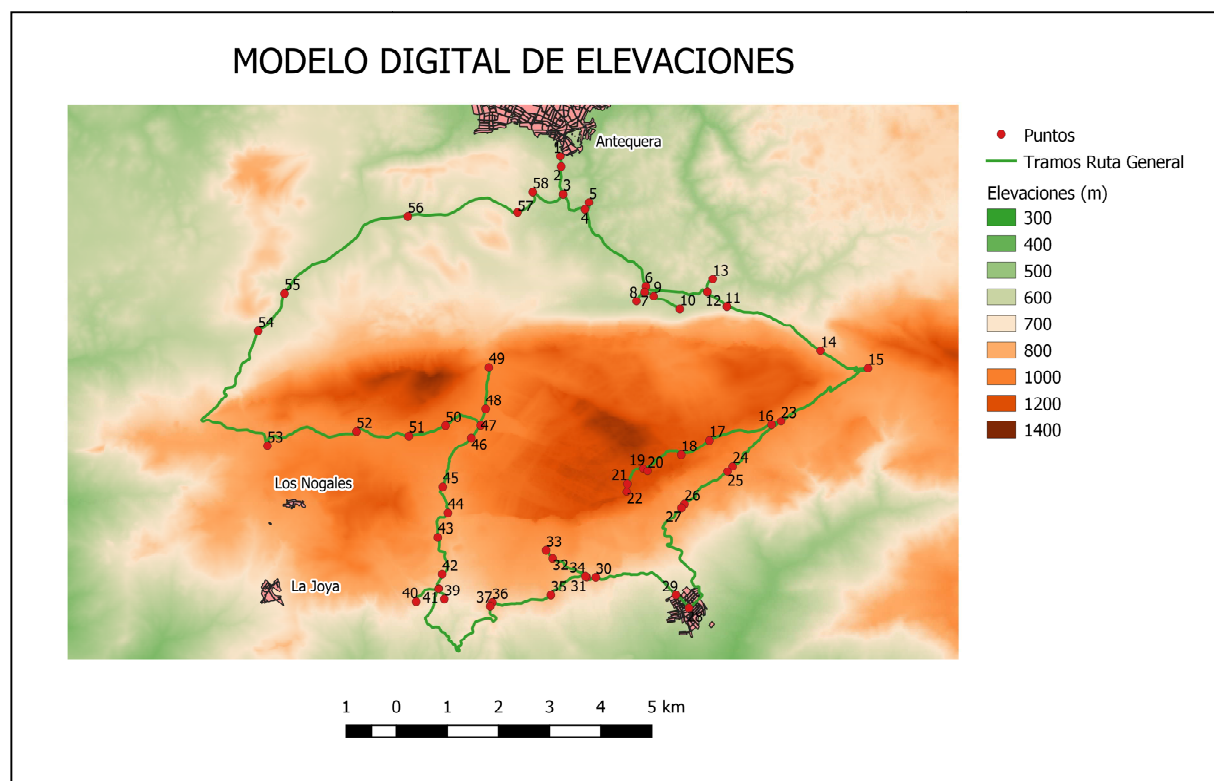
IMPACTOS



- Impactos
- Especies invasoras
 - Explotación de canteras

1 0 1 2 3 4 km

Además, se incluyen dos mapas de interés general para la zona de estudio, que son el modelo digital de elevaciones, y el mapa geológico extraído del Mapa Geológico de España (MAGNA).



4.3. Guías.

Se han elaborado sendas guías didácticas correspondientes a cada una de las dos rutas diseñadas, para su empleo en actividades de educación ambiental. En ellas, se ha incluido una descripción textual de cada una de las paradas establecidas, junto a fotografías y los perfiles topográficos de los tramos entre los puntos correspondientes a cada parada. La guía correspondiente a la Ruta General, que describe el contexto general del Paraje Natural y se realiza en vehículo incluyendo también algunos pequeños paseos a pie, consta de 24 paradas, cada una de ellas con su texto explicativo, y está ilustrada con 39 fotografías. La guía de la ruta “Torcal alto”, que se realiza a pie y transcurre exclusivamente por el interior del núcleo del Paraje, incluye 10 paradas con su material explicativo y 21 fotografías ilustrativas. A modo de representación se muestran algunos ejemplos de la guía de la Ruta General, incluyendo su inicio así como varias de sus paradas.

RUTA GENERAL

PARADA 0

Marca el inicio de la ruta. Este punto permite establecer el marco temático general de la ruta a través de vistas generales hacia la ciudad de Antequera (contexto histórico y socio-económico) y hacia los paisajes de vega (surco intra-Bético, post-orogénico; usos agrícolas), colinas onduladas (basamento Triásico; encinares y matorrales) y sierras calizas abruptas (materiales Jurásicos, zonas béticas externas y plegamiento alpino; incluido El Torcal) que constituyen sus contextos geológico y ecosistémico. Desde aquí, se toma la carretera C-237, dejando el cruce a la derecha con la carretera A-343, y continuando en dirección hacia Villanueva de la Concepción.

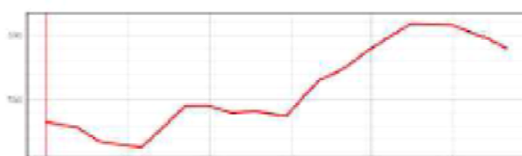


Imagen 1: perfil topográfico tramo 1

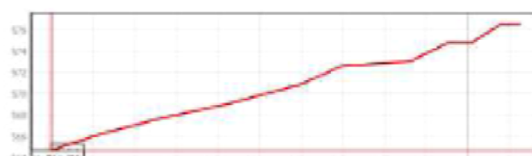


Imagen 2: perfil topográfico tramo 2

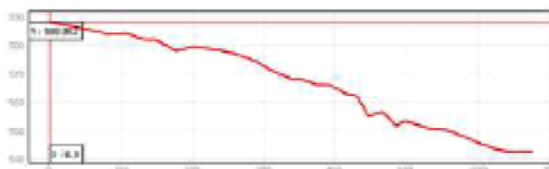


Imagen 3: perfil topográfico tramo 3

PARADA 2

En la zona de la Fuente de los Berros se puede observar el contacto del Trias con la unidad jurásica del Torcal, y un ejemplo de modelado periglacial (derrubios de ladera, formados durante las glaciaciones cuaternarias del Riss y del Würm). En dicho contacto se producen nacimientos y fuentes vaudusianas, de la que la Fuente de los Berros es un ejemplo, pudiéndose asimismo observar las formaciones vegetales de junciales y pastizales húmedos asociadas a los mismos (Figura 1), así como ejemplos de retamares-piornales (Fig.2) y de tomillares termófilos (Fig.3), etapas de la degradación de encinares termófilos propios de los materiales triásicos.

Esta parada sirve asimismo para iniciar el relato de los procesos geodinámicos y tectónicos que produjeron la subida de los materiales sedimentarios jurásicos del Torcal durante el levantamiento Alpino (Tajo del Mejicano; falla inversa que delimita la abrupta falda norte del Torcal; Fig. 4).



La presencia de restos de aprisco nos lleva a deducir un antiguo uso ganadero del lugar. Volvemos al vehículo y retomamos el camino al Nacimiento de la Villa.



Imagen 9: perfil topográfico tramo 9



Imagen 10: perfil topográfico tramo 10

PARADA 3

Avanzando por el camino del Nacimiento de la Villa encontramos un puente de madera, donde damos un breve paseo a pie ida/vuelta cruzando el mismo hasta un lago artificial. Hay abundante vegetación de ribera y su orla (Fig. 5 y 6), con ejemplares de *Fraxinus angustifolia* (fresno; Fig. 8), *Salix* sp. (sauce; Fig. 9), *Jasminus fruticans* (jazmín silvestre), *Vitis vinifera* (vid silvestre; Fig. 7) *Rubus ulmifolius* (zarzamora), *Juncus holoschoenus* (junco), *Ulmus minor* (olmo; Fig.10), así como Tomillares-aulagares termófilos sobre margas en las laderas más allá del cauce del río (Fig. 11).

En este punto se observan de nuevo rasgos de modelado periglacial (conglomerados, coluviones y canchales Mioceno-Cuaternarios), así como el contacto continuado entre el Triás (yesos y margas) y el Jurásico (unidad del Torca).



Posteriormente retomamos el camino hacia Nacimiento de la Villa.

PARADA 4

Paseo corto a pie para visitar el nacimiento (Figs. 11 y 12), donde se aprovechará para relatar aspectos hidrogeológicos y de uso del agua (afloramiento vaclusiano), de uso público de los Espacios Naturales Protegidos (instalaciones de uso recreativo), y de vegetación ligada a humedales. Se prosigue en vehículo por el carril Nacimiento de la Villa hasta el cruce con carretera C-237, que se toma hacia la izquierda, retrocediendo en dirección a Antequera.



PARADA 6

Durante el recorrido por la carretera C-237 vemos los farallones calizos de la falda norte del Torcal (Fig. 14), y un ejemplo del espejo de falla que los conformó (Fig. 15), y vistas a las sierras aledañas como la Sierra de Cabras (reforzamiento del contexto geodinámico; plegamiento alpino), la presencia de conglomerados, coluviones y canchales Mioceno-Cuaternario (retoque geomorfológico periglacial), y formaciones de matorral mesófilo de sustitución sobre suelos calizos con *Genista umbellata* ó “bolina” y *Bupleurum gibraltaricum* ó “adelfilla” (aspectos geobotánicos; transición entre pisos bioclimáticos, del termo- al meso-mediterráneo), así como representantes de otros tipos de flora, como la ruderal (*Rumex sp.*).



PARADA 9

Poco después de entrar en el Paraje, zona del Torcal Bajo, nos topamos con el Mirador de Diego Moneas, que nos aporta una amplia vista del contexto geológico comarcal y regional (unidad del flysh de Colmenar; unidades béticas externas -Sierra de las Cabras y de Camarolos; Fig. 21- e internas - Sierras de Tejeda y Almijara-; zócalo paleozoico -montes de Málaga-), y una magnífica vista panorámica de la Hoya de Málaga y el mar Mediterráneo.

Encontramos los siguientes tramos de la serie estratigráfica del Torcal, compuestos por Calizas oolíticas y pisolíticas blancas del Jurásico Medio, tras las que se depositaron Calizas nodulosas y noduloso-brechoides rojas del Jurásico Superior.

Alcornocales en suelos ácidos son de nuevo visibles (Fig. 22). Es además lugar de ganadería y explotación de canteras.



Nos adentramos en el Paraje siguiendo la carretera.

PARADA 10

Nos detenemos más adelante, y dando un pequeño paseo a pie llegamos a la Majada del Fraile, donde se encuentra la choza de la Majada de los Frailes, un antiguo abrigo de pastores rehabilitado (Figs. 23 y 24). La morfología de este paraje ha dado lugar a formaciones de simas y cuevas (una forma del modelado kárstico), como es la cueva de la Picardía, donde existe un yacimiento neolítico.



PARADA 12

Iniciamos la parada en el Centro de Recepción de Visitantes (Fig. 25), donde se visitará su exposición permanente. Después, nos desplazaremos unos metros a pie hasta el mirador de las Ventanillas (Fig. 26), que de nuevo ofrece buenas perspectivas para la interpretación, del contexto geológico comarcal y regional (al igual que el ya comentado mirador de Diego Moneas), y donde aparecen los materiales más modernos de la serie estratigráfica del Torcal (calizas clásticas compactas).



Desde aquí retrocedemos en coche hasta la entrada al Paraje Natural hasta el cruce con C-237 y tomaremos de nuevo, a la derecha, en dirección hacia Villanueva de la Concepción.

PARADA 13

Siguiendo por la carretera pasamos al borde sur del Paraje Natural, y llegamos a las Pilas de Cobos (abrevadero tradicional con pilas de piedra –Fig.27–, del antiguo camino real de Antequera a Málaga). Se trata de otro ejemplo de fuente vauclusiana, de las que orlan los pies de ladera del Paraje, aflorando en el contacto entre el macizo calizo permeable y los sustratos impermeables que lo rodean (ahora arcillas y areniscas miocénicas del flysh de Colmenar, del que se obtiene una buena vista panorámica, que se continúa hacia la Hoya de Málaga).



PARADA 15

Continuando por la carretera C-237, llegamos por fin a Villanueva de la Concepción. En la entrada al pueblo, giramos a la derecha por calle Murillo para alcanzar el inicio del carril hacia las Pilas de las Alhajas (Fig. 29) y el Tajo del Espejo (Fig. 30). Nos encontramos ya plenamente en la zona sur al Torcal. Ahora tomamos el carril hacia Fuente de las Alhajas (otra más), lugar de choperas y de una alberca/manantial. Avanzando por el carril nos topamos con majanos (amontonamiento y muros de piedra) y eras, que indican antiguo uso en agricultura.



PARADA 18

Avanzando, llegamos a la Ermita de Jeva (Fig. 33). Este punto está rodeado de choperas, *Populus alba* (álamo blanco) y *Populus nigra* (álamo negro).

Este lugar acoge el festival de Verdiales (recursos etnográficos). Además, es terreno agrícola de secano y olivar, pudiéndose observar a su vez palmitares.

Desde aquí, retrocedemos nuevamente hasta el cruce anterior (fuente nueva de Jeva) donde tomaremos el camino de asfaltado hacia la izquierda.



PARADA 21

El antiguo camino nos lleva al cortijo de Los Navazos desde donde daremos un paseo de distancia media a pie para visitar el impresionante polje o uvala del Navazo (Fig. 36) y el puerto de la Escaleruela.

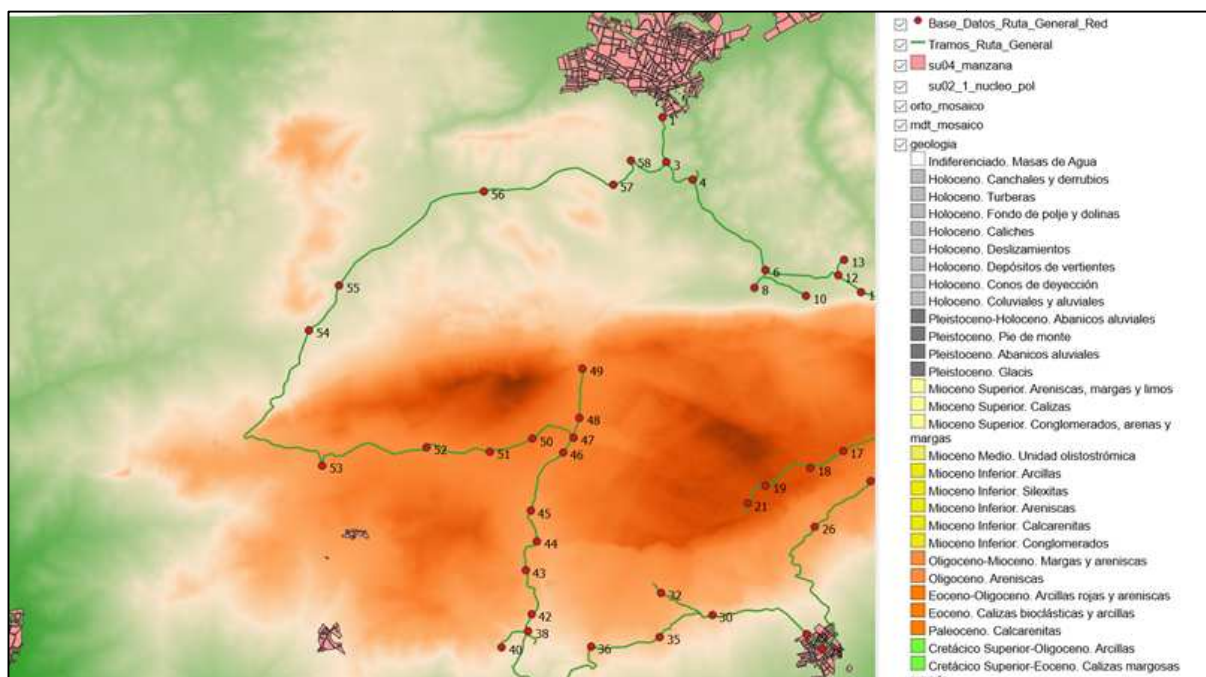
Esta tierra tiene uso agrícola (el único sector con uso agrícola dentro de los límites del Paraje Natural), de secano y olivar (Fig. 37).



4.4. Mapas web.

Por último, se ha obtenido un mapa web en formato de OpenLayers para la Ruta General, donde se incluyen la ruta y sus tramos, los puntos/paradas, así como varias capas de información base y de referencia: ortofotografía, modelo digital de elevaciones, geología y núcleos de población. Todas estas capas son activables para ser o no visualizadas, y además, la capa de puntos permite la localización de cada punto mediante consulta. Se incluye la leyenda como desplegable, así como herramientas de localización, consulta, medida y zoom.

En la figura se muestra una captura de pantalla del aspecto del mapa web.



5. CONCLUSIONES.

Se han obtenido una serie de productos tras la construcción de un sistema de información geográfica del Paraje Natural del Torcal de Antequera, entre ellos una serie de mapas, guías, mapas web e incluso la posibilidad de realizar consultas al SIG sobre lo que queremos visualizar al momento.

El interés del de la creación del SIG recae en la posibilidad de aplicarlo en cuanto al ocio, turismo o gestión de recursos se refiere. Así mismo, hay que mencionar la amplia gama de posibilidades de mejora que se podrían aplicar, como serían crear una base de datos más amplia y rica, la realización de una mayor cantidad de

análisis que den un mayor número de capas de información, elaboración de guías digitales online disponibles en dispositivos como ordenadores, tablets o smartphones, siendo uno de los objetivos finales la posible creación de una aplicación, de fácil uso, que nos permita acceder a esta lista de recursos de manera clara y sencilla.

6. BIBLIOGRAFÍA.

- Boix, G. E. M. M. A., & Olivella, R. (2007, November). Los Sistemas de Información Geográfica (SIG) aplicados a la educación. El proyecto PESIG (Portal Educativo en SIG). In Actas del VII Congreso Nacional de Didáctica de la Geografía. Ciudadanía y Geografía, Valencia.
- Burillo Panivino, F. J. (1998). El karst del Torcal de Antequera. Karst en Andalucía. JJ Durán y J. López Martínez (Eds.), 153-164.
- Carrasco, F. (2018). Hidrología del Trías de Antequera. El manantial de Meliones. Boletín de la Academia Malagueña de Ciencias, (20), 23-34.
- Carreira J.A. 2009. Paraje Natural El Torcal de Antequera. En: J.A. Carreira (Coord.), Ecología V, Enciclopedia Proyecto Andalucía. Naturaleza, Tomo XXXII, Capítulo 4, pp. 129-174. Publicaciones Comunitarias-Grupo Hércules. ISBN: 978-84-936736-4-2. 400 pp.
- Excmo. Ayuntamiento de Antequera (2010). Plan general de ordenación urbanística de Antequera. Tomo VIII. Inventario y unidades ambientales.
- García, C. C. (1996). Áreas de aplicación medioambiental de los SIG: modelización y avances recientes. Papeles de Geografía, (23), 101-116.
- González, L., Mora, A., & Porras, C. J. (2003). Un análisis económico del turismo en un espacio natural protegido: El Torcal (Málaga).
- Guerra, J. 1982. Catálogo de la flora vascular de la Sierra del Torcal de Antequera (Málaga). Boletín del Instituto de Estudios Almerienses, nº especial Homenaje al Botánico Rufino Sagrado, pp. 105-119.
- Jiménez, P., Carrasco, F., Durán, J. J., Andreo, B., & López-Geta, J. A. (2004). Análisis de la respuesta hidrodinámica de acuíferos carbonáticos de la Cordillera Bética occidental (Sur de España). Boletín Geológico y Minero, 115(2), 187-197.

- Lara, E. L., Simeón, C. P., & Navarro, J. G. M. (2006). Los sistemas de información geográfica. *Geoenseñanza*, 11, 16.
- Latorre, A. V. P., & Artero, B. C. (2002). LA FLORA Y EL PAISAJE VEGETAL DE LA PROVINCIA DE MÁLAGA: IMPORTANCIA Y CONSERVACION.
- Ley 2/1989, de 18 de julio, por la que se aprueba el inventario de Espacios Naturales Protegidos de Andalucía y se establecen medidas adicionales para su protección.
- Martín Socas, D., Cámalich Massieu, M., Buxó i Capdevila, R., Chávez Álvarez, E., Echallier, J. C., González Quintero, P., ... & Paz, M. A. (2004). La Cueva de El Toro (El Torcal de Antequera-Málaga).
- Nello, M, Y. Pérez, J. Andreu (2009). Aplicación de la tecnología SIG para la planificación y gestión del desarrollo turístico sostenible en el PNMGCH. Publicaciones URV (edición en CD).
- Palacio A.V. (2014) Implementación de los Sistemas de Información Geográfica en la gestión de los Espacios Naturales Protegidos. XVI Congreso Nacional de Tecnologías de la Información Geográfica, Pp. 79-92.
- Pezzi, M. (1975). Le Torcal d'Antequera (Andalousie): un karst structural retouché par le périglaciaire. *Méditerranée*, 21(2), 23-37.
- Pezzi, M. (1979). Análisis morfológico del Torcal de Antequera. *Jábega*, 26, 54-64
- Pezzi, M. 1977. Análisis morfológico del karst de El Torcal de Antequera. *Jábega* 26: 54-64. Diputación provincial de Málaga.
- Raju, P. L. N. (2006). Fundamentals of geographical information system. *Satellite Remote Sensing and GIS Applications in Agricultural Meteorology*, 103.
- Real Academia Española. (2014). Diccionario de la lengua española (23.a ed.). Madrid, España.
- Real Decreto 3062/1978, de 27 de octubre, sobre declaración del parque natural Torcal de Antequera
- Real Orden de 11 de julio de 1929
- Rendón M., Bautista, A. 2000. Fauna de vertebrados del Torcal de Antequera. ANEAX Ediciones SL. 168 pp.

- Roberto Matellanes (19 de enero de 2016). Principales aplicaciones de los SIG en Medio Ambiente. Proyecto Verde. Ambinnovación. Recuperado de: <https://ambinnovacion.com.es>
- Romero, M. y Salazar, J. 2005. El hombre y El Torcal de Antequera. ANEAX Ediciones SL. 574 pp.
- Rosado, F. J. G. (2010). Del Torcal a la Laguna de Fuente de Piedra. PH: Boletín del Instituto Andaluz del Patrimonio Histórico, 18(75), 56-63.
- Sanz de Galdeano, C., Lozano, J. A., & Puga, E. (2008). El Trías de Antequera: naturaleza, origen y estructura. Revista de la Sociedad Geológica de España, 21(3-4), 111-124.
- Stampfli, G. M. (2000). Tethyan oceans. Geological society, london, special publications, 173(1), 1-23.