

UNIVERSIDAD DE ALMERÍA

FACULTAD DE CIENCIAS EXPERIMENTALES

TRABAJO DE FIN DE GRADO DE CIENCIAS AMBIENTALES



-**Título en castellano:** Hidrogeología, recursos y patrimonio hídrico en los manantiales del entorno de Berja

-**Título en francés:** Hydrogéologie, ressources et patrimoine hydrique aux sources a l'environnement de Berja

- **Autor:** José Gabriel López Cabrera

- **Tutor:** Francisco Sánchez Martos

Septiembre 2020

AGRADECIMIENTOS

Para la realización de este Trabajo de Fin de Grado quiero agradecer la ayuda proporcionada por Francisco Sánchez Martos (profesor del departamento de Biología y Geología) que además es oriundo de Berja, el cual ha sido el tutor de este TFG y me ha propiciado artículos y trabajos sobre el agua de Berja y de la zona. También he contado con la ayuda del técnico de medioambiente del Ayuntamiento de Berja, David Méndez Miras, que me ha proporcionado más datos sobre las aguas e informaciones sobre la situación actual. La ayuda de José Manuel López Martos, antiguo concejal de Berja y uno de los precursores de «ruta de las fuentes», me proporcionó muchos datos e información sobre cómo iba a ser la ruta de las fuentes.

0-ÍNDICE	2
1-RESUMEN	4
2-INTRODUCCIÓN	5
3-OBJETIVOS	7
4-METODOLOGÍA	8
4.1-ZONA DE ESTUDIO	8
4.1.1-RASGOS GEOLÓGICOS	9
4.1.2-RASGOS HIDROGEOLÓGICOS	11
4.1.3-PATRIMONIO NATURAL	14
4.2-REVISIÓN DE ANTECEDENTES BIBLIOGRÁFICOS E INVENTARIOS PREVIOS	17
4.2.1-ANÁLISIS DE LAS MUESTRAS DE AGUA	18
4.3-RECOPIACIÓN DE DATOS	20
4.4-CLASIFICACIÓN DE LAS FUENTES	22
4.5-ANÁLISIS DE DATOS	24
4.6-INFORMACIÓN COMPLEMENTARIA SOBRE LAS FUENTES	25
5-RESULTADOS	26
5.1-BASE DE DATOS DEL CATÁLOGO	27
5.2-SÍNTESIS SOBRE LAS FUENTES INCLUIDAS EN EL CATÁLOGO	28
5.2.1-FUENTE DE EL CEREZO	28
5.2.2-FUENTE DE LA RAMBLA (O DE CASTALA)	28
5.2.3-FUENTE DE LA HIGUERA	29
5.2.4-FUENTE DEL ALMEZ	29
5.2.5-FUENTE DEL ORO	30
5.2.6-FUENTE DE HILAS	30
5.2.7-FUENTE DE EL CORTIJUELO	31
5.2.8-FUENTE DE HIRMES	31
5.2.9-FUENTE DE ALCAUDIQUE	32
5.2.10-FUENTE DE RIGUALTE (O DE LA RANA)	32
5.2.11-FUENTE DE EL CID	33

5.2.12-FUENTE DE LA CAÑADA DE RODA_____	33
5.2.13-FUENTE DEL AGUADERO _____	34
5.2.14-FUENTES DE MARBELLA _____	34
5.3-SÍNTESIS DE LOS ASPECTOS HIDROLÓGICOS E HIDROGEOLOGÍCOS DEL CATÁLOGO_____	35
5.4-CONSIDERACIONES SOBRE EL BALANCE HÍDRICO _____	39
5.5-CARACTERÍSTICAS HIDROQUÍMICAS DE LAS FUENTES_____	41
5.6-ELEMENTOS DE INTERÉS PATRIMONIAL _____	44
6-DISCUSIÓN _____	46
7-CONCLUSIONES _____	48
8-BIBLIOGRAFÍA Y WEBGRAFÍA _____	50
8.1-BIBLIOGRAFÍA _____	50
8.2-WEBGRAFÍA_____	53
9-ANEXOS	
9.1-ANEXO I	
9.2-ANEXO II	
9.3-ANEXO III	
9.4-ANEXO IV	
9.5-ANEXO V	

1-RESUMEN/RÉSUMÉ

RESUMEN (en castellano)

Berja es un municipio conocido desde la antigüedad por sus recursos hídricos. Algunos de estos manantiales han estado relacionados con la vega y los núcleos de población donde se ha desarrollado la actividad del territorio. Muchos de estos manantiales tienen asociadas construcciones hídricas como lavaderos de piedra a mano, albercas, abrevaderos, balsas, aljibes, fuentes arquitectónicas o incluso complejos recreativos o de valor paisajístico. En los últimos años se puede apreciar el descenso del caudal de la mayoría de ellos relacionado con la presencia de captaciones para uso agrícola, contaminación por basuras, filtraciones producidas por la actividad agrícola y desastres naturales y climáticos que les han afectado.

En el presente Trabajo de Fin de Grado (TFG) se pretende poner en valor estas fuentes/manantiales ya que son el mayor símbolo representativo del municipio y mantienen un fuerte valor de apreciación por parte de la población de Berja. Una posible herramienta para ello es el hidroturismo que podría ayudar a visualizar más los servicios ecosistémicos que ofrecen las fuentes. He querido destacar los manantiales más reconocibles del lugar, estudiados e importantes.

Palabras clave: Berja, manantiales, fuentes, hidroturismo, agua, ecosistema.

RÉSUMÉ (en français)

Berja est une commune reconnue dès l'antiquité par ses ressources hydriques. Certaines sources ont été liées par le plain fertile et les noyaux de population où l'activité du territoire a pu se développer. Une majeure partie de ces sources ont associés des constructions hydriques comme des lavoirs de pierre, des bassins, des abreuvoirs, des étangs, des citernes, des fontaines ou même des complexes récréatifs ou de valeur du paysage. Récemment, on peut constater une diminution du débit de la majorité de ces sources. Cela peut notamment s'expliquer par l'augmentation de la pollution provoqué par les déchets, les filtrations produites par l'activité agricole mais encore des désastres naturels et climatiques.

On prétend, (dans ce dossier de recherche) Travail de Fin de Licence/Dégréé (TFG aux licences espagnoles), mettre en valeur ces appréciations puisqu'elles sont le symbole principal dans la représentation de la commune et sont fortement appréciées par la population de Berja. Afin de procéder, nous nous sommes concentrés sur l'hydrotourisme représentant un outil important au développement des services écosystémiques que les sources nous offrent. Nous prenons ici les sources les plus connus étudiés et importantes dans l'analyse de notre recherche.

Mots-clés: Berja, sources, fontaines, hydrotourisme, eau, écosystème.

2-INTRODUCCIÓN

Berja es un municipio de la Alpujarra en la provincia de Almería. Está en un valle en la zona occidental al pie de la Sierra de Gádor, próximo también a ciertas estribaciones de la Sierra de la Contraviesa. Tiene una extensión de 185'81 km² y una población de 12415 en 2019 (INE).

El nombre en castellano de Berja proviene de la evolución de *Virgis/Vergis* (nombre romano original de la localidad), pasando por diferentes deformaciones a lo largo de la historia como la *Barya* árabe (Cara Barrionuevo 1997). *Vergis* era la villa romana de la provincia hispana de Bética situada probablemente en lo que hoy se conoce como Villa-Vieja donde hoy se encuentran restos del anfiteatro romano, murallas de la época musulmana, además de restos de un cementerio y unas aljibes de la misma época, y una pequeña barriada construida en el siglo XXI.

El nombre de *Vergis* hacía referencia al vergel que había supuestamente en ese territorio en época romana (elpais.com). Lo que ya daría una idea de la cantidad e importancia que tiene y ha tenido el agua en el municipio. Es un hecho que el municipio ha sido conocido por diferentes actividades como la minería, el cultivo de parras y en la actualidad tiene una economía basada en la agricultura bajo plástico como también lo son los municipios vecinos del Poniente Almeriense.

El agua de Berja ya era por tanto aprovechada desde los tiempos de los romanos como indica el propio nombre del barrio de Alcaudique el cual procede del árabe *Al-Quibdique* y este a su vez del latín de los romanos de *Caput Aquae* (cabeza de agua) (Jiménez-Sánchez *et al.* 2011).

El término municipal ha sufrido dos grandes modificaciones en los últimos 40 años que han afectado por tanto a sus recursos hídricos y también a los manantiales y fuentes que se encuentran. La primera es en 1984 cuando el municipio limítrofe a Berja de Benínar (BOJA 31/07/1984) pasó a formar parte de Berja con la creación del embalse que lleva también su nombre, el pantano de Benínar. Benínar (que su localidad fue sumergida en el pantano) incluía además la pedanía de Hirmes (que no se vio afectada por la creación del pantano debido a su altura y distancia), la cual cuenta con su propia fuente bien conocida, así como también incluía varios manantiales propios. La construcción del pantano afectó también al municipio próximo de Darrícal (y a su pedanía Lucainena) que pasaron a formar parte del municipio de Alcolea, sin embargo como en el caso de Hirmes, no se vieron sumergidas por el pantano.

La última modificación fue la segregación de su antigua entidad local menor, Balanegra, en 2015 (BOJA 19/06/2015) la cual era la zona litoral del municipio y además poseía varios manantiales de menor importancia.

El hidroturismo, turismo relacionado con el agua (Castillo Antonio, IDEAL, 2016), puede ser una buena herramienta para la puesta en valor del patrimonio hídrico de Berja y de su protección, que en algunos casos como veremos es bastante necesario.

Para desarrollar el hidroturismo en Berja, el ayuntamiento decidió poner en marcha la «ruta de las fuentes», en la que me centraré. Una propuesta de dos recorridos, una por el núcleo (15 fuentes) y otra por el extrarradio (26 fuentes), en el que se dan a conocer las más importantes del municipio (<http://berja.com/ruta-de-las-fuentes-.html>).

Berja tiene un potencial turístico importante gracias a su posición estratégica entre las provincias de Almería y Granada, su situación a los pies de Sierra de Gádor, su proximidad a la Sierra de la Contraviesa y al Parque Natural de Sierra Nevada. También hay que tener en cuenta su proximidad al mar (14 km) ya que el turismo de Sol y playa es uno de los motores principales de nuestro país y a todo el patrimonio histórico-cultural que hay en el municipio.

3-OBJETIVOS

El objetivo principal de este Trabajo de Fin de Grado es la creación de un catálogo (o que pudiera ser una ayuda para comenzar a crearlo) de las fuentes y manantiales más importantes del municipio alpujarreño de Berja. En muchos casos los manantiales son llamados también fuentes. Así pues, podría ayudar a poner en valor este patrimonio municipal virgitano y dar un impulso al hidroturismo de Berja y la Alpujarra.

Hablaré de los mayores problemas, y la evolución de estos, que sufre el tema del agua (de las fuentes y manantiales especialmente) en Berja, su desaprovechamiento y los conflictos que generan en el municipio, pudiendo hacer propuestas de protección y mejora a estas adversidades.

Se pretende hacer una recopilación de datos hidrogeológicos, hidroquímicos, histórico-antropológicos y de usos de las fuentes y manantiales. Tras sintetizar los datos, se desarrolla la discusión y conclusiones sobre la mejor manera de aprovechar estos recursos

Además trataré cuando sea necesario no solo las fuentes y manantiales más importantes, si no algunos lugares de patrimonio hídrico del municipio.

4-METODOLOGÍA

Para la metodología se han considerado datos de otros trabajos que citaré sobre el lugar geográfico, geológico, hidrogeológico e hidroquímico. También información complementaria sobre las fuentes para analizarlas bien y realizar el catálogo adecuado.

Comenzaré hablando de la zona de estudio, del municipio de Berja y de sus componentes hidrogeológicos.

4.1-ZONA DE ESTUDIO

Como se ha indicado anteriormente la zona de estudio será el municipio de Berja. Aquí está su situación geográfica (Berja está de color verde y el municipio segregado de Balanegra de color verde claro) respecto a la provincia de Almería (municipios de color amarillo) y a parte de la provincia de Granada (color celeste):

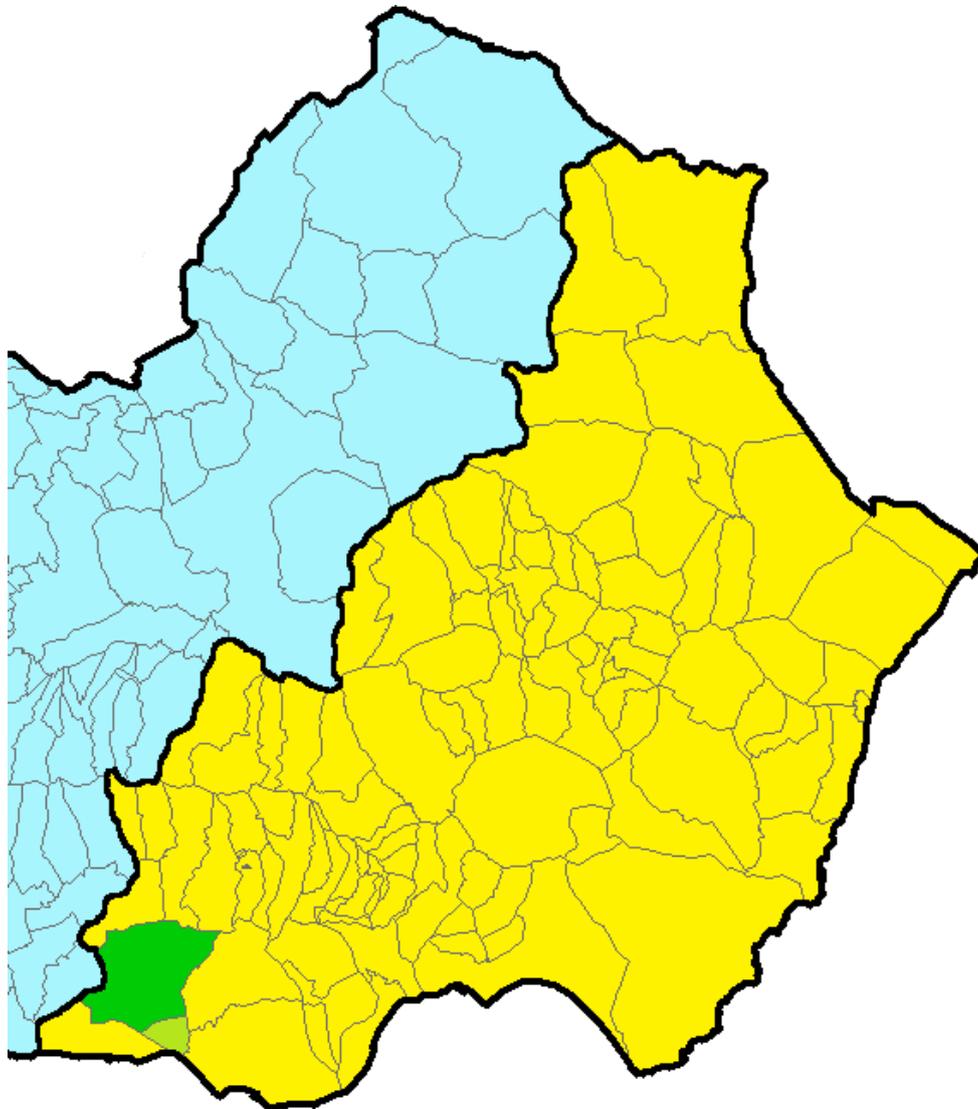


Figura 1. Situación de Berja respecto a las provincias de Granada y Almería (elaboración propia)

En la figura 2 se presenta un mapa mejor detallado del término municipal donde se aprecian algunos núcleos de población y sus accidentes geográficos.

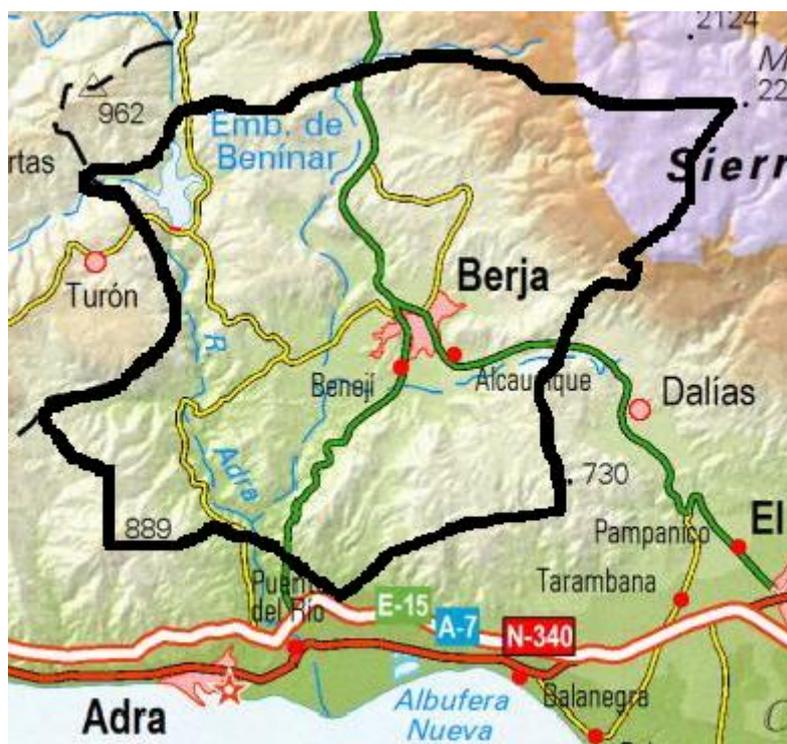


Figura 2. Mapa geográfico de Berja (Obtenido del Instituto Geográfico Nacional)

En el término municipal se encuentra una gran diferencia de alturas respecto al nivel del mar. Siendo el punto más bajo a 81 m. cerca de la confluencia del Río Adra con su afluente el Río Chico y a su vez el núcleo de La Virgen del Carmen (Río Chico) el más bajo a 140 m. Por otro lado el pico más alto localizado entre el término de Fondón y Berja está a 2069 en Sierra de Gádor y muy cerca está la altura máxima localizada en el municipio a 2177 m en el límite entre Fondón, Berja y Dalías. Por su parte el núcleo más alto es Castala, situado a algo más de 700 m, mientras que el núcleo principal se encuentra en la franja entre 300 y 400 m. (es-es.topographic-map.com).

Esta diferencia de alturas de más de 2000 metros hará que se encuentren elementos diferentes en su geología, agua y paisajes. La mayor parte de los núcleos están asociados de alguna manera al agua, ya desde Castala donde se encuentra su propia fuente procedente de Sierra de Gádor hasta el barrio de Río Chico donde se localiza el afluente del río Adra con su mismo nombre y que procede de diferentes ramblas de a lo largo del término.

4.1.1-RASGOS GEOLÓGICOS

Berja se ubica en la Cordillera Bética. La Cordillera Bética se encuentra en la zona Sur y Sureste de España, en el mediterráneo occidental, en frente del Rif (Norte de África). La evolución de esta cordillera de orogenia alpina empezó en el triásico, su

proceso de extensión continuó hasta el cretácico temprano y medio (dependiendo de la zona), lo que en ciertos lugares generó incluso vulcanismo; Jacquin (1970) y Orozco (1972) encontraron, en Sierra de Gádor, rocas ígneas básicas.

La Cordillera Bética se puede dividir en tres zonas: prebética, subbética y penibética. Berja se encuentra en la Penibética. Esta se puede separar a su vez en tres complejos: maláguide, nevado-filábride y alpujárride (Sanz de Galdeano, 1993), siendo este último, el alpujárride, donde se sitúa Berja.

En este complejo, el alpujárride, hay una serie de varios niveles superpuestos según su altura (bajo, medio y alto) donde se encuentran diferentes graduaciones de metamorfismo en sus rocas y según los niveles también diferentes variedades de rocas como filitas (muy características de ciertos lugares de Berja como «launas»), cuarcitas, yesos, intrusiones ígneas además de formaciones gruesas de dolomita y calcitas. (Sanz de Galdeano, 1993).

Según la estratigrafía hay dos tipos de materiales: preorogénicos y postorogénicos. Como materiales preorogénicos más importantes destacarían la filitas (predominantes hasta el techo), calizas, dolomías y cuarcitas (Díaz Puga, 2016).

Los materiales postorogénicos que se encuentran son los del periodo neógeno y cuaternario. Los materiales neogénicos tienen mucha variabilidad a causa de la actividad tectónica que condicionó el depósito, con varias formaciones: conglomerática continental de base, detrítica marina, mago-arenosa profunda o detrítico-margosa entre otras (Aldaya *et al.* (1983).

Martín-Rojas (2006) propone una serie de cinco unidades litológicas para la Sierra de Gádor:

1-Unidad de Gádor-Turón: en su formación detrítica destacan filitas y material carbonatado. Su formación carbonatada es el principal relieve de la zona (se divide en cinco intervalos) y es donde encontramos la fluorita (CaF_2) y la galena (PbS).

2-Unidad de Laujar: aparece en la zona que hay entre las localidades de Berja y Laujar de Andarax, justo encima de la zona carbonatada de la unidad Gádor-Turón. Tiene una base detrítica formada principalmente de cuarcitas de diferentes tipos seguida de un tramo de filitas, le continúa una transición de cuarcitas, dolomías y ofitas (una roca subvolcánica básica) y, tras ella, su formación carbonatada de dolomías y calizas.

3-Unidad de Murtas: se localiza en la zona suroccidental de Berja (entre Berja y Adra). Es la que tiene la formación detrítica más desarrollada de todas las unidades. Entre su formación detrítica y carbonatada se aprecia un cambio de tonalidad en las filitas. Algunos sectores de su formación carbonatada han sufrido deformaciones lo que les ha originado una recristalización en ellas.

4-Unidad de Félix: es el más alto del complejo alpujárride, algunos autores lo consideran una unidad de transición alpujárride-maláguide Martín-Rojas (2006). Su formación detrítica destaca por diferentes intervalos de filitas de diferentes colores que

indican su grado de metamorfismo. En su formación carbonatada se aprecian dolomías de color oscuro y calizas.

5-Unidad de Chirán: es la única del complejo maláguide (siendo el resto alpujárride) (Martín-Algarra 1987). Se trata de de una serie de diversos y pequeños afloramientos incompletos, siendo el más destacable el de los llanos de Chirán (de ahí el nombre).

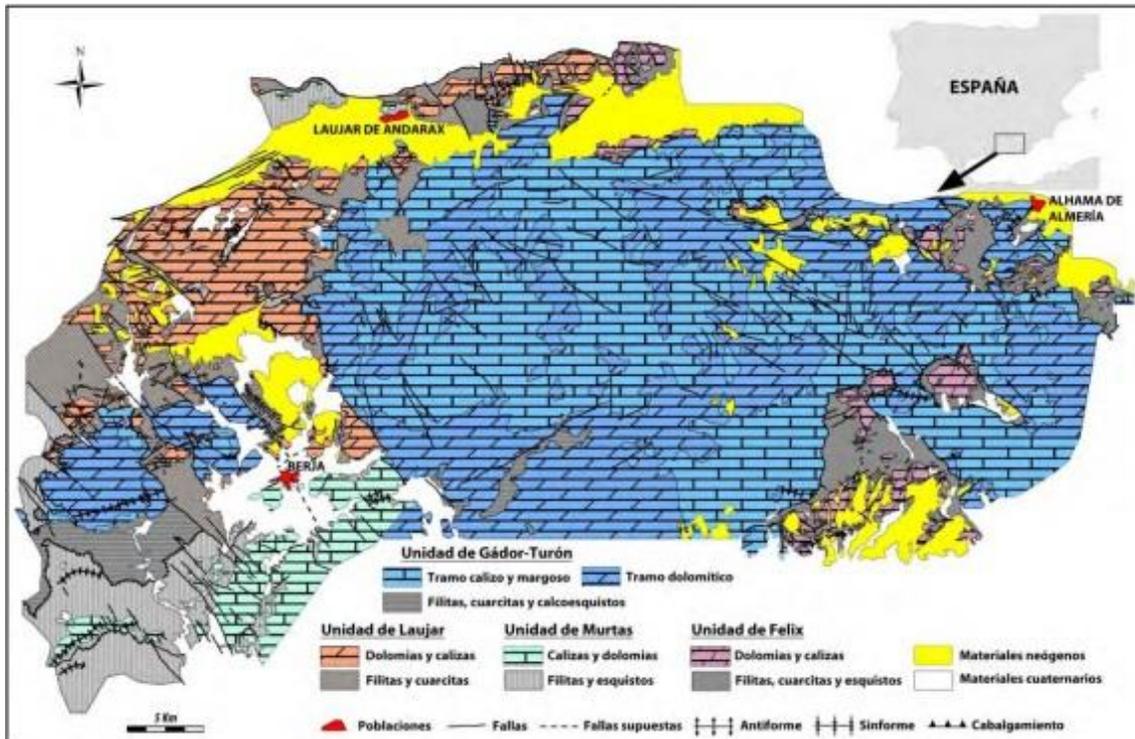


Figura 3. Esquema geológico de la Sierra de Gádor (Obtenido Díaz Puga, 2016)

Se puede observar de esta manera que la unidades más importantes que aparecen en Berja son las de Gádor-Turón, Laujar y Murtas. La unidad de Félix se queda hacia el oeste en Fondón. La unidad de Chirán es demasiado pequeña para ser representada en el mapa.

4.1.2-RASGOS HIDROGEOLÓGICOS

La práctica totalidad del municipio se encuentra en la cuenca del Río Adra, la cual además en el caso de Berja se puede dividir en dos subcuencas: la subcuenca del Río Chico (donde se encontraría la mayor parte del municipio y el área de estudio) y la subcuenca media-baja del Río Adra (localizada en la zona más occidental del municipio).

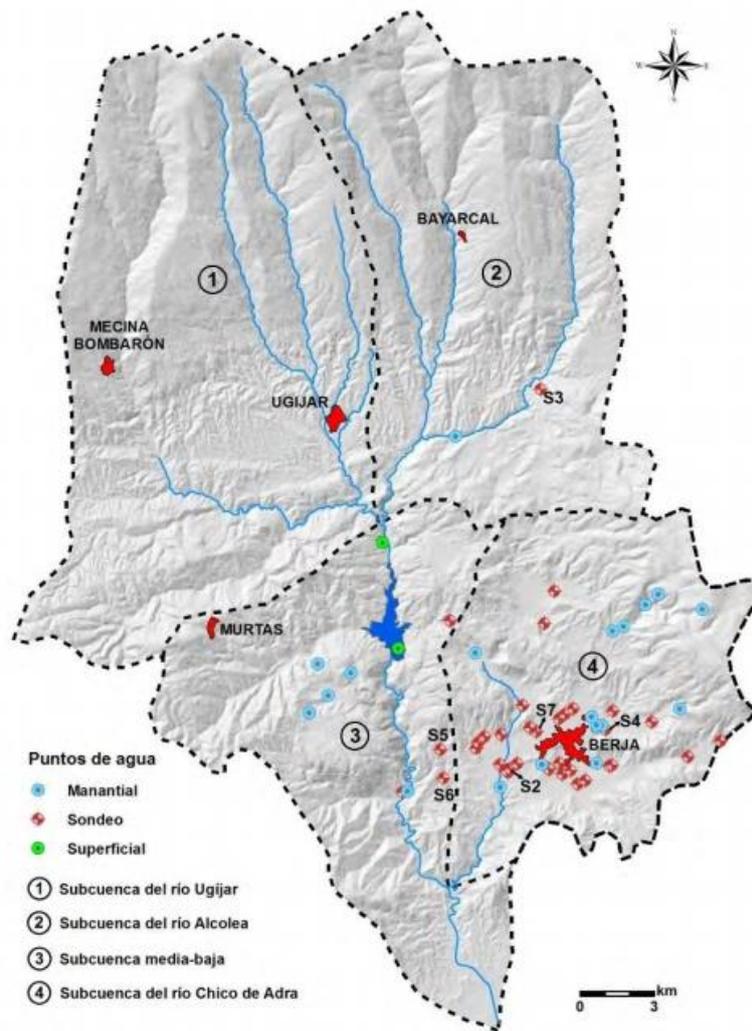


Figura 4. Mapa de la cuenca y subcuencas del Río Adra (Obtenido Díaz Puga, 2016)

Como se ha dicho anteriormente la mayor parte del municipio se encuentra en ocupada por materiales del complejo alpujárride, donde las filitas actúan como material impermeable entre los materiales carbonatas y detríticos de otros materiales a mayor profundidad. (García-López, 1996; Martínez-Martos et al., 2017).

En Berja aforan acuíferos detríticos y acuíferos kársticos o carbonatados (García López, 1996). Los acuíferos detríticos corresponden a la zona central del Berja, donde se desarrolla la mayor parte de la actividad del municipio. Los acuíferos kársticos/carbonatados se encuentran sobre todo en el borde de la Sierra de Gádor (donde hay muchas rocas carbonatadas como calizas y dolomías).

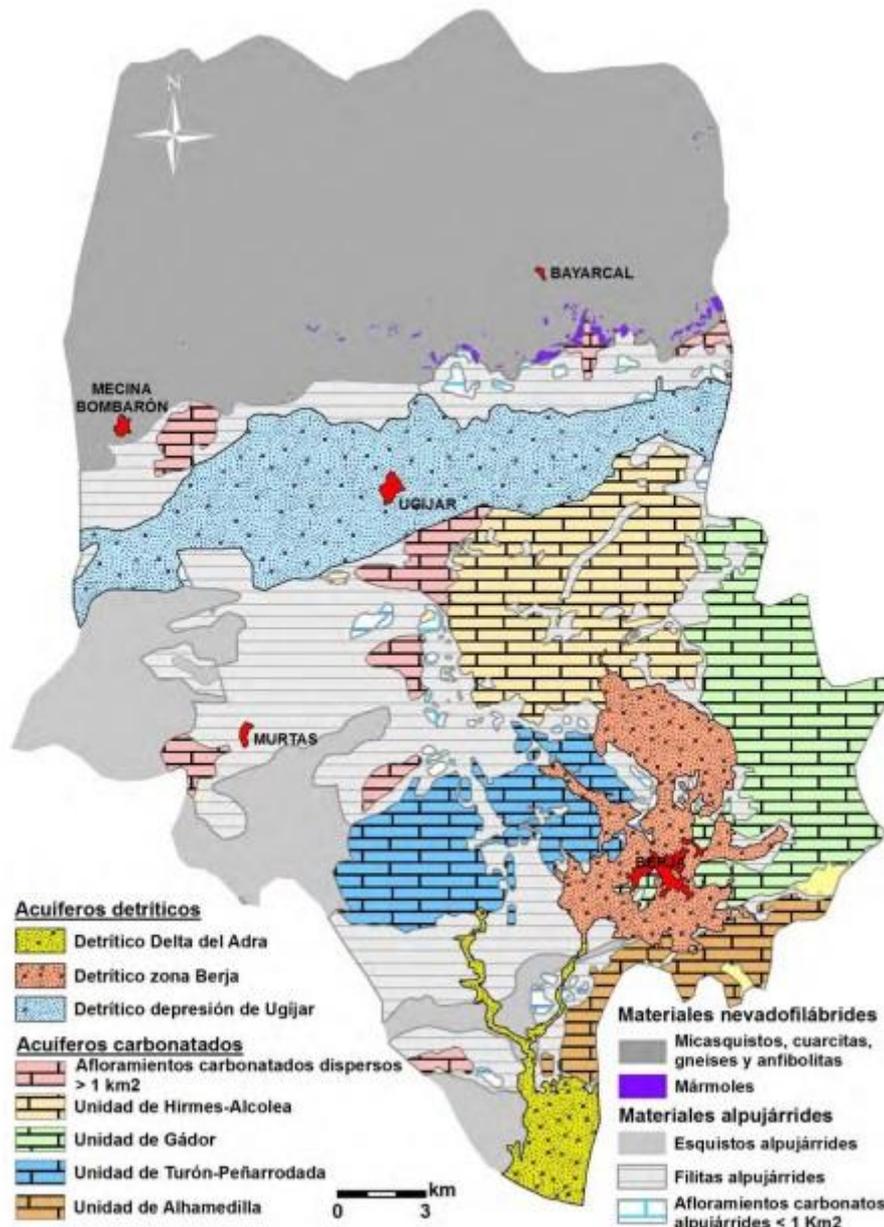


Figura 5. Unidades acuíferas dentro de la cuenta del río Adra (Obtenido Díaz Puga, 2016)

Se encuentran dos grandes unidades acuíferas la unidad de Gádor y la de Turón-Peñarrodada, separados por una capa impermeable de rocas metapiléticas (Díaz Puga, 2016). El nivel piezométrico comienza a descender en la línea NE-SW coincidiendo con la altura topográfica a partir de la zona norte del municipio (entre Chirán y Castala) debido al contacto con materiales carboníferos del acuífero y a la disposición de los materiales detríticos.

La unidad de Turón-Peñarrodada tiene una extensión superficial de 44 km², está compuesta de materiales carbonatados alpujárrides y dividida en tres ventanas tectónicas (Turón, Peñarrodada y Cerrón Álvarez), aunque se encuentran separadas por filitas, mantienen una conexión hidráulica. (Pulido Bosch *et al* 1986).

En la unidad de Gádor hay sistemas menores drenados por manantiales, como destacarían en la zona norte la fuente del almez, la fuente del oro o la fuente de la higuera y del maicenteno, de las cuales hablaré más adelante. Gracias a cinco sondeos realizados (Figura 6) en el periodo de octubre de 2009 y septiembre de 2010, en los alrededores del núcleo de Berja se observó un comportamiento diferente en su nivel piezométrico según su localización. Los tres sondeos realizados en la zona norte presentan un descenso del nivel piezométrico más lento que los dos más orientales. Se dedujo de esta manera que el norte tenía un área de recarga mayor y por tanto de mayor recarga. Por otro lado se dedujo también que la zona oriental del acuífero tenían una oscilación mayor de su nivel piezométrico gracias a la geografía de esta parte del acuífero (Díaz Puga, 2016).

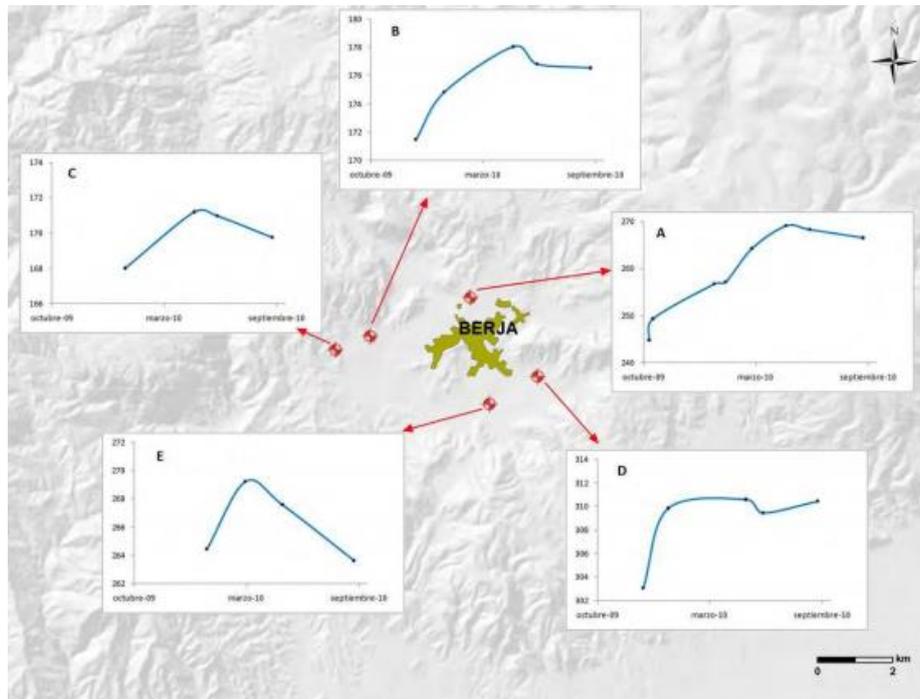


Figura 6. Mapa de la localización de los sondeos realizados cerca del núcleo de Berja (Obtenido Díaz Puga, 2016)

En estudios sobre la piezometría de ambas unidades se vio una tendencia diferente según el periodo del año y su climatología. En ambos casos se observa que el nivel de piezométrico aumenta si el año ha sido húmedo, sin embargo se observan diferencias en el caso contrario debido a que la unidad Turón-Peñarrodada se ve muy influenciada por el Embalse de Benínar que lo alimenta y regula (García-López, 1996).

4.1.3-PATRIMONIO NATURAL

Berja goza de un gran patrimonio natural propio y similar al resto de lugares que hay en la comarca natural de la Alpujarra (dividida entre las provincias de Almería y Granada). Esta comarca se enclava en la cara sur de Sierra Nevada y las Sierras de la Contraviesa (entre las cuales discurre el Río Guadalfeo) y Sierra de Gádor (donde discurre en el Norte el Río Andarax), donde se ubica Berja por la zona suroccidental.

Entre las tres sierras y naciendo en la Sierra Nevada discurre el Río Adra (en Berja llamado Río Grande) que es el río principal de Berja. Destacan de esta manera varios lugares de patrimonio natural:

-El parque periurbano de Castala: está localizado al este de la barriada virgitana que lleva el mismo nombre, en las estribaciones de la Sierra de Gádor. Se trata de un gran parque/complejo recreativo (de 14 hectáreas) rodeado de naturaleza donde se encuentran pistas deportivas, merenderos, barbacoas, una piscina municipal, un mirador y el inicio de algunos senderos que continuarán por la Sierra de Gádor entre las más destacables. Es un lugar muy apreciado por los múltiples visitantes que recibe cada semana de diferentes lugares. Fue declarado como Parque periurbano y constituido como Espacio Natural Protegido de carácter recreativo por la Consejería de Medio Ambiente (BOJA 31/5/2000).

-La Sierra de Gádor: donde se sitúa la gran parte de Berja. Posee una gran variedad de flora, siendo el segundo punto de interés para la conservación de la flora peninsular española tras Sierra Nevada (Del Valle et al. en Bañares et al, 2003). Biogeográficamente se sitúa en el Reino Holoártico, Región Mediterránea y dividida en dos provincias: Bética y Murciano-Almeriense. La zona de Berja se encuentra en el sector alpujarreño-gadoreense de la Bética (la mayor parte en el sector alpujarreño). Algunas especies endémicas que se encuentra allí, y en peligro crítico de extinción, son: *Astragalus gadorensis* o *el Corono pusnavassii* entre otras (Giménez E. 2016). En cuanto a su fauna también es bastante variada tanto en vertebrados como en invertebrados. Es relativamente fácil ver conejos (*Oryctolagus cuniculus*), liebres (*Lepus granatensis*), cabras montesas (*Capra pyrenaica*), zorros (*Vulpes vulpes*), jabalís (*Sus scrofa*) o culebras de escalera (*Elaphe scalaris*). Otros más raros de ver son el erizo moruno (*Atelerix algirus*) o el águila real (*Aquila chrysaetos*) (Salas R. et al 2016), por citar ejemplos conocidos. La Sierra de Gádor está declarada a nivel europeo como LIC (Lugar de interés comunitario) y en ella se encuentra además de modo parcial el LIG (Lugar de interés geológico) de la Mina de plomo y fluorita de Martos y La Tova y el LIG del Polje del Sabinar (donde se está la Laguna del Sabinar). En ella también se hallan restos y ruinas de construcciones mineras, tales como pozos, minas y edificios abandonados, así como dos grandes montones de materiales/escombros provenientes de esta actividad que se pueden ver desde el propio núcleo de Berja. En la Sierra se realizan también actividades deportivas como senderismo, escalada o parapente (zonasdevuelo.com). Pero, además de todo ello, debido a su posición en el municipio y a su composición caliza (García-López, 1996) actúa como un área de agua enorme de agua de lluvia y de la nieve que se infiltra en el acuífero y aflorando en las fuente/manantiales principales de Berja.



Figura 7. Imagen de escombreras de los restos mineros (Elaboración propia, 2020)

-El embalse de Benínar: situado en el área noroeste del municipio, en el tránsito del cauce del Río Adra, con buenas vistas a las sierras colindantes y un camping. Tiene una capacidad de 80 Hm³ los cuales en su mayoría son aprovechados para el regadío en el Poniente Almeriense, pero también es aprovechado para la celebración de eventos deportivos (deportesdeaventura.com). En la continuación del Embalse de Benínar aparece también el LIG del Cañón calcáreo del Río Adra.

-Los Ríos (el Río Grande y su afluente el Río Chico). A lo largo del cauce del Río Adra se localiza la barriada de Río Grande, dividida en tres pequeños núcleos: las Fuentes de Marbella, Majaroba y Salobra, los cuales perdieron la mayoría de su población debido a las intensas riadas del año 1973 (Briener 2015). Aquí destaca la gran importancia de Las Fuentes de Marbella (declaradas como LIG) las cuales tienen un caudal regular y elevado, donde se puede encontrar el conocido fartet (*Aphanius iberus*) (serbal.almeria.com). Casi en los límites del municipio con Adra, el Río Grande se junta con su afluente el Río Chico (proveniente de diversas ramblas), el cual da también nombre a una barriada dividida en varios núcleos (La Virgen del Carmen, Los Ucleses y Los López).

-Hay que destacar la Vega de Berja, en la Hoya de Berja, lugar donde se desarrolla la mayor parte de la actividad del pueblo, donde discurren acequias y se encuentran algunos manantiales. Ya más retirado del núcleo principal, en la barriada de El Cid, hay otro LIG más, el plano de la falla de la llanura del Cid (info.igme.es).

4.2-REVISIÓN DE ANTECEDENTES BIBLIOGRÁFICOS E INVENTARIOS PREVIOS

Los manantiales de Berja han estado muy ligados a la población del lugar y a los diferentes pueblos que se han asentado en el territorio desde hace miles de años., pasando por épocas recientes importantes, donde fueron necesarios, como la época minera en el siglo XIX, la de la uva de mesa o la actual. Incluso el poeta virgitano Miguel Salmerón Pellón les escribió un poema(Castañeda Muñoz 1987), pero no solo él, también en la época musulmana el poeta *Abū Faḍl* escribió sobre el entorno de Berja (Lirola Delgado, 2007). Ya en el siglo XX el antropólogo granadino Manuel Gómez-Moreno Martínez apreció la relación entre la distribución anárquica de los barrios con sus fuentes (berja.com).

En el año (2003) el ayuntamiento de Berja creó un plan turístico para la puesta en valor del patrimonio natural de las fuentes (artificiales muchas de ellas) y manantiales de Berja, la llamada: «ruta de las fuentes (<http://berja.com/ruta-de-las-fuentes-.html>)».Esta incluye dos rutas, una ruta urbana con 15 fuentes divididas en 4 tramos (Anexo I) y una ruta extraurbana con 26 fuentes (25 de Berja y 1 de Balanegra) que abarca un área mayor (Anexo II).Estas incluyen en teoría un poste con un letrero indicando la fuente y un pequeño letrero al lado con una descripción. Todas las fuentes incluidas son públicas y de fácil acceso (salvo algunas de la ruta extra urbana localizadas en Sierra de Gádor como son: El Cerezo y la Galería Morales, y las localizadas en la barriada de Salobra)

Por otro lado, también en el siglo XXI y de manera electrónica, se hizo una catalogación de muchas de las fuentes y manantiales de Berja en un proyecto de divulgación de la Universidad de Granada, «Conoce tus Fuentes» (www.conocetusfuentes.com). En este caso se cuenta con 53 fuentes y manantiales repartidos por todo el término municipal además de otros lugares de interés hidrológico como son el Molino de agua de Luis Marín (en la barriada de Peñarrodada, entre Los Rodríguez y el Cortijuelo), el Molino del perrillo (en el casco urbano) y la Balsa del Sabinar (en la Sierra de Gádor, frontera entre Berja y Dalías).

Este inventario incluye además datos de especial interés: fotografías de la fuente, localización (nombre del manantial, pedanía o paraje, municipio, provincia, coordenadas UTM, nombre de la cuenca, nombre de la subcuenca, nombre del río/arroyo (si procede), nombre de la masa de agua subterránea, nombre del espacio natural protegido), la procedencia del agua subterránea (nombre del lugar y naturaleza de las rocas), tipo de surgimientos, descripción, instalaciones asociadas, caudal medio, uso del agua, acceso y uso público actual, estado de conservación, amenazas, impactos y presiones, valores sectoriales (incluye varios como el valor científico/didáctico, medio-ambiental, recreativo, histórico/socio-cultural entre otros), valoración general y el nombre del autor y fecha de la ficha.

4.2.1-ANÁLISIS DE LAS MUESTRAS DE AGUA

La obtención de datos sobre las características hidroquímicas del agua ha sido complicada. Hay pocos datos disponibles, algunos de ellos con cierta antigüedad, y muchas veces no ha sido posible acceder a ellos, por lo que es bastante limitado. Por otro lado, un estudio preciso sobre las características de las aguas de Berja, llevaría varios años. Sin embargo indicaré los datos relevantes que he conseguido obtener, ya que servirán a la hora de clasificar fuentes y describir sus características.

La mejor fuente del análisis de muestras de agua, que he podido conseguir, fue un estudio (Díaz Puga *et al* 2010) realizado en 45 puntos en marzo de 2010 donde se analizó: La conductividad eléctrica, la temperatura, el pH, el Ca^{++} , el Mg^{++} , en Na^+ , el Cl^- , el SO_4^- , el HCO_3^- , el NO_3^- , el As, el PB^{++} , el F^- , la calcita, la dolomita, la fluorita y el yeso. Estos trabajos están muy desarrollados en la tesis de Díaz Puga (2016), el cual también lo realizó, donde da muchas aclaraciones de los datos. Otro artículo de Díaz Puga *et al* más actualizado (2020) aporta datos más precisos de este estudio al que se suman el K y el Zn.

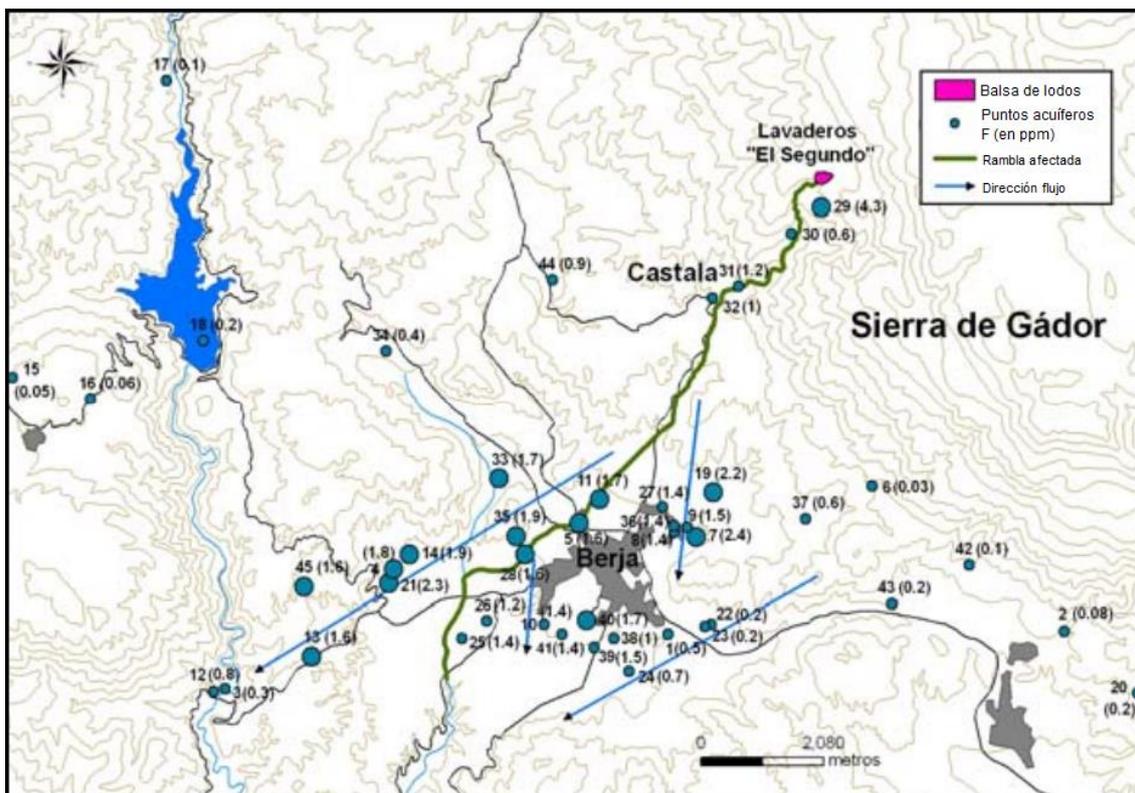


Figura 8. Imagen los 45 puntos inventariados del estudio en Díaz-Puga et al. (2010)

De esta manera he realizado una tabla en programa Microsoft excel donde he compilado los datos más precisos de los estudios (Anexo III). Además, he revisado las recomendaciones para el agua potable de la OMS (2006) y he coloreado la tabla de verde (si cumple el requisito) o rojo (si lo sobrepasa). Hubo un caso que se quedó en el límite de las indicaciones del el SO_4^- , muy probablemente situado en Santa Muña (Alcaudique) con 300 ppm. que puse de color amarillo.

No he encontrado detalles de las coordenadas exactas de los puntos inventariados, así que he tenido que valirme del SIGPAC (Sistema de información geográfica de parcelas agrícolas) en <http://sigpac.mapama.gob.es/fega/visor/> y de otro mapa mejor detallado (aunque con 41 puntos en lugar de los 45) en Díaz-Puga *et al.* (2020) para saber el lugar al que correspondían y saber si correspondían también a algún manantial.

4.3-RECOPIACIÓN DE DATOS

En muchas ocasiones los datos han sido escasos, no han estado actualizados o han estado en otro idioma diferente al castellano. En cuanto al inventario de «conoce tus fuentes», en algunas de sus fichas, las fuentes tienen su ficha incompleta parcialmente o con un déficit de datos (incluida la falta de actualizaciones) que serían fáciles de completar en algunos apartados. En referencia a la «ruta de las fuentes» del Ayuntamiento de Berja ha sido muy difícil obtener datos e información sobre esta. En la oficina de turismo de Berja no hay información alguna sobre la «ruta de las fuentes». Solamente hay algunos folletos (que también se encuentran por internet) sobre algunas de ellas.

Cabe destacar que en ambos itinerarios, en cuanto a las fuentes arquitectónicas, aparece la Fuente de Don Emilio, que ya no existe y estuvo situada en el cruce de la Calle Alcántara y Calle Carolinas. O imágenes de otras completamente cambiadas como la Fuente del Macho y la Fuente de la Hembra.

Al unir ambos catálogos (la guía turística de la «ruta de las fuentes (40 de las dos rutas)» y el inventario de «conoce tus fuentes (53)») vemos que en la «ruta de las fuentes» aparecen fuentes que no aparecen en «conoce tus fuentes». Si bien la «ruta de las fuentes» está muy centrada a veces a fuentes artificiales/arquitectónicas, destaca la aparición de la «Galería Morales» que es un manantial (localizado en la Sierra de Gádor) y no se incluye en el proyecto de «conoce tus fuentes», donde aparecen muchos manantiales.

Hay que decir también que es muy probable que queden manantiales por datar y comprobar. En este caso puedo decir que comprobé hace unos años en Los Lavaderos (Minas de Castala), cerca de las escombreras de los restos de la explotación minera, un pequeño cauce de agua que no he visto datado en ningún lugar, salvo en la tesis doctoral de Díaz Puga (2016) que a veces es citado como manantial de El Segundo.

He ido personalmente a todas las fuentes de la Ruta urbana para comprobar su estado (julio, agosto y septiembre de 2020) y a varias de la Ruta extra urbana: fuente de la ermita (arquitectónica), de Hilas, de Alcaudique, de Rigualte, entre otras; para ver las indicaciones e información que hay en ellas. El poste con letrero en la mayoría de los casos no está o está en muy malas condiciones, siendo imposible de leer la información o en tiene una descripción demasiado breve o nula.



Figura 9. Imagen de la fuente de Hilas, una de las pocas que conserva el poste (Elaboración propia, 2020)

Una vez recopilada la información de ambos inventarios, he visitado las fuentes, analizando su situación actual y los datos hidrológicos de los estudios científicos, procederé a la interpretación de los datos, clasificando las fuentes y finalmente crear un catálogo que pueda servir de fuente de información para una nueva ruta de las fuentes o completando y mejorando las que ya existen.

4.4-CLASIFICACIÓN DE LAS FUENTES

Berja tiene numerosos recursos relacionados con el patrimonio hídrico de diferente importancia a lo largo de la historia en el desarrollo de actividades humanas, como son en la actualidad: molinos de agua (el más conocido el Molino del perrillo), lavaderos de piedra (muchas veces asociados algún manantial; por ejemplo: los lavaderos el caz (Los Cerrillos)), balsas (de riego, siendo una de las más conocidas la balsa de pago (zona de Pago)). También destacan con un especial interés turístico las fuentes (tanto arquitectónicas como manantiales). Además de estos recursos hídricos, Berja cuenta con otros destacables como son las numerosas ramblas (Julbina o Alcaudique entre otras), los dos ríos (el Río Grande y el Río Chico (afluente)), el pantano/embalse de Benínar o la balsa del Sabinar.

Considerando que se deberían inventariar todos los lugares de interés bajo diferentes categorías (lavaderos, molinos, fuentes, balsas, etc.) para facilitar el seguimiento, la protección y el aprovechamiento, se debería crear una guía local de lugares de interés hídrico. Una de las categorías de esta guía sería el de las fuentes, diferenciando manantiales y fuentes arquitectónicas de uso urbano.

Las fuentes arquitectónicas de uso urbano serían las que estarían suministradas bajo la red de aguas municipales, algunas potables (por ejemplo, la Fuente Toro), y otras no potables (por ejemplo, la fuente de los dieciséis caños) que antiguamente procedían de las fuentes manantiales de Berja.



Figura 10. Foto de la fuente toro, una de las fuentes arquitectónicas (elaboración propia, 2020)

Las fuentes asociadas a manantiales podrían también tener algún tipo de construcción arquitectónica, como lo tienen los más importantes (la fuente del almez por ejemplo). De hecho, lo ideal sería que tuvieran algún tipo de construcción para

poder valorarlas mejor, ya fuera con una construcción moderna o aprovechando alguna fuente arquitectónica quitada. El presente TFG se centrará en las fuentes manantiales

De las fuentes manantiales del inventario de «conoce tus fuentes» y de «la ruta de las fuentes» he recopilado todas ellas y quitado las fuentes arquitectónicas, además he añadido la fuente de los lavaderos al conjunto de fuentes inventariadas. De las cinco fuentes que en ambos inventarios en Salobra, solo coincidía el nombre de la chacina/chafina, por lo que probablemente se traten de las mismas fuentes pero otros nombre (conoce tus fuentes: la casería, de los Manzano, Alberca Honda y Cataluña. ruta de las fuentes: de Algay, Contijo Gutiérrez, Madroño y Anacata).

De esta manera se ha obtenido un listado de 45 manantiales conocidos que muestro en el Anexo IV, y he seleccionado los 14 primeros que muestro (colores verde y negro).

Lo ideal sería que todas las fuentes se incorporaran al catálogo y se pudieran mostrar datos periódicos hidroquímicos, hidrogeológicos e históricos, ya sea a través de internet y con un letrero disponible. Aun incluso cuando las fuentes son privadas podrían contar con ello.

4.5-ANÁLISIS DE LOS DATOS

Debido a que no puedo disponer de medios para realizar análisis y recolección de datos (sin contar el tiempo que se necesitaría para realizarlo bien y la situación en la que nuestro país se encuentra actualmente por el coronavirus 2019), he tenido en todo momento que guiarme del material ya escrito y tratado; verificando y comprobando algunos puntos, como el caudal, por fotos (antiguas y actuales), testimonios y valoración propia, al ser yo de Berja.

Me he valido de la creación propia de diferentes gráficas en las que comparo los resultados obtenidos en los estudios y tesis de García López (1996), Díaz-Puga et al (2011), Daniele L. (2013) y Díaz-Puga (2016) y del libro de Sierra de Gádor, patrimonio natural e infraestructura verde de Almería de Oyonarte C *et al.* (2016).

Para seleccionar las 14 fuentes principales del catálogo, me he basado en la importancia dada en la «ruta de las fuentes», la facilidad de acceso (sobre todo si se trata de una fuente pública o privada) y el estado que nos especifica la guía «Conoce tus fuentes». También he tenido en cuenta el criterio de relevancia histórica de alguna de ellas o de sus poblaciones/barrios/alquerías asociadas, mostradas por Cara Barrionuevo (1997) sobre la Historia de Berja. He creído conveniente seleccionar al menos una fuente/manantial de cada barrio actual (y no solo las cinco principales y que están en mejor estado: Alcaudique, Higuera, Almez, Oro y Rigualte), con algunas excepciones de barrios importantes que carecen de fuentes (como Benejí), ya que el agua que se usaba históricamente en esta barriada era la de Alcaudique (Cara Barrionuevo 1997).

4.6-INFORMACIÓN COMPLEMENTARIA SOBRE LAS FUENTES

Algunas de estas fuentes se encuentran dentro de la Red ecológica europea Natura 2000, como zonas de especial conservación o ZEC. Se trata de la Sierra de Gádor donde se encuentran la fuente de la rambla y la fuente del cerezo y Río Adra donde se encontrarían las Fuentes de Marbella, el Pantano de Benínar y la Fuente de la Cañada Roda estaría muy próxima.

-La Sierra de Gádor como «Sierra de Gádor y Enix» (código: ES6110008) pasó de LIC a ZEC (Guirado *et al* 2016) a través de la resolución de 21 de mayo de 2014 (BOJA 02/06/2015). Tiene una extensión total de 50344 ha, en el sector de Berja son 3010,47 ha, lo que supone el 16'2% del territorio municipal. Entre sus justificaciones están las que ya se expusieron cuando se catalogó como LIG, la protección de especies autóctonas de la directiva hábitats (algunas nombradas en el punto 4.1.3 de este TFG), a lo que habría que sumarle su relación hidrológica con las ramblas que desembocarán en el Río Adra, el cual también se encontrará en esta categoría. (BOJA 02/06/2015)

-El Río Adra (código: ES6110018) se declaró como ZEC por el decreto 4/2015, del 13 de enero (BOJA 17/03/2015). Se debe esencialmente por albergar varios hábitats de interés común o HIC del fartet (*Aphanius iberus*) el cual está en la lista roja de especies amenazadas de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (Crivelli 2006).

Como exponen Guirado *et al* (2016) en el libro de la Sierra de Gádor editado por Oyonarte *et al* (2016), la Sierra de Gádor goza de grandes servicios ecosistémicos que pueden ser mejor gestionados para las más de 300 000 personas que habitan próximas a la zona (refiriéndose a las comarcas administrativas del Poniente Almeriense y Alpujarra Almeriense) y para el ecosistema propio de ella.

El resto de fuentes no citadas o incluidas dentro de espacio de las ZEC de las Sierras de Gádor y Enix y la ZEC del río Adra, serán tratadas con más detalle en el punto 5.6 (Elementos de interés patrimonial) de este TFG.

5-RESULTADOS

En este punto voy a hablar sobre las fuentes seleccionadas, los datos hidrogeológicos e hidroquímicos más importantes de ellas y de su área. Con todo ello se pretende justificar y mostrar ejemplos para el desarrollo de un inventario de lugares de interés hídricos en el municipio. Estos lugares de interés hídrico podrían ampliarse, incluyendo no solo manantiales, si no a molinos de agua instalados, balsas importantes y fuentes de valor arquitectónico muy reconocidas en el municipio. Este catálogo deberá incluir todos los datos posibles relacionados con las fuentes siguiendo las medidas estandarizadas acordadas y tratando de dar el máximo de datos posible en todos lugares.

Para poner en proceso este catálogo he realizado una selección de 14 manantiales y detallaré a continuación con información más detallada que justifica de su selección.

Mi propuesta es doble. Por un lado la instalación nuevamente de postes en estos lugares, que podrían incluir simbología sobre una ruta turística (como es el caso de la «ruta de las fuentes»), con un cartel/panel con información química, geológica, histórica y arquitectónica. Por otro lado la instalación en estos paneles de un código bidi que lleve a una página web municipal con toda la información detallada (lo que podría dar datos de las visitas que reciben estos lugares).

En la figura 11 hago muestro una propuesta de cartel informativo que se instalaría en estas fuentes:

LUGAR DE INTERÉS HÍDRICO

Tipo de elemento: Fuente/manantial, balsa, lavadero ...

Ruta turística: A la que pertenece en caso de tenerla diseñada

Coordenadas:

- UTM: **Coordenadas UTM del lugar**
- Geográficas: **Coordenadas Geográficas del Lugar**

Lugar: **Barrio en el que se encuentra** **Altura:** **en msnm.**

Código Bidi **AYUNTAMIENTO DE BERJA**

NOMBRE

ESQUEMA DEL DISEÑO ARQUITECTÓNICO DEL MANANTIAL O FUENTE

Historia:
Historia lo más detallada posible en este espacio sobre el lugar de interés hídrico.

Diseño:
Explicación lo más detallada posible en este espacio sobre el lugar de interés hídrico

Características hidroquímicas:
Espacio para la colocación de los elementos/isótopos más destacables que se encuentran en este lugar. Tratando de estar lo más actualizado posible y con diferentes colores teniendo en cuenta los parámetros que la OMS establece para su consumo.

Otros: Posibles datos de interés o curiosidades sobre el lugar.

Simbolo indicando si ha sido tratada sanitariamente o si no es potable →

Espacio reservado para entidades colaborativas o patrocinadoras en el inventario

Figura 11. modelo de posible cartel informativo que se instalaría. (elaboración propia)

5.1-BASE DE DATOS DEL CATÁLOGO

Las fuentes han sido seleccionadas teniendo en cuenta la «ruta de las fuentes» diseñada por el ayuntamiento de Berja (en 2003), la importancia dada también en el proyecto de la Universidad de Granada de «conoce tus fuentes», el arraigo popular y si son públicas o privadas.

A las grandes fuentes/manantiales conocidas de la fuente de Alcaudique, la fuente del oro, la fuente de la higuera, la fuente del almez y la fuente de Rigualte. Además he añadido: la fuente del cerezo (en Sierra de Gádor) debido al desconocimiento popular y al tener uno de los mejores lugares para el desarrollo del turismo rural; la fuente de la rambla o Castala (en Castala) debido a la popularidad del barrio y a la importancia histórica de este y de su fuente; la fuente de Hilas (Hilas/Ylar) debido a su abandono y desconocimiento popular (considero que es un lugar bastante poco explotado turísticamente); la fuente del Cortijuelo (en el Cortijuelo, Peñarrodada) debido a su buen estado y al desconocimiento popular; la fuente de Hirmes (Hirmes) muy importante en su barrio; la fuente del Cid (El Cid) debido a su serio abandono y desconocimiento popular; la fuente de la Cañada de Roda (Benínar) al ser la más importante en Benínar y tener un fácil acceso, la fuente del Aguadero (El Aguadero, San Roque) y las fuentes de Marbella (Fuentes de Marbella, Río Grande) al ser los nacimientos en el cauce en los propios ríos, el Río Chico y el Río Grande.

Además se les podría haber sumado también alguna de las dos de Chirán (la fuente de Chirán y la fuente del Rinconcillo) que he decidido no incluir al ser la de Chirán privada y la del Rinconcillo de difícil acceso.

En el apartado (5.2.1) expongo de manera breve datos sobre las 14 fuentes seleccionadas: nombre, coordenadas UTM ETRS89), altitud, localización (barrio), caudal, historia y diseño, instalaciones asociadas y problemas. En la mayoría de los casos estos datos han sido obtenidos del proyecto «conoce tus fuentes». En los siguientes apartados expongo datos hidrogeológicos e hidroquímicos sobre estos manantiales que se podrían incluir inventario que justifican la elección de ellas.

5.2-SÍNTESIS SOBRE LAS FUENTES INCLUIDAS EN EL CATÁLOGO

A continuación, disgrego en el contenido en pequeños apartados donde defino de manera sintética las 14 fuentes seleccionadas, aportando fotos y algunas características.

5.2.1-FUENTE DE EL CEREZO



Figura 12 (Martín J. 2010)

Coordenadas (UTM ETRS89):

-X: 507738.872

-Y: 4083246.615

Altitud: 993 msnm

Barrio: Las minas de Castala

Caudal: 0,25 l/s (2011)

Historia y diseño: está formada por una pequeña estructura con una tubería por donde cae el agua. Fue importante para la época minera y conocida también porque al lado está la «casa de Dios» que fue un personaje castalero que decía ser dios, hasta que un delincuente, llamado el 14, le disparó y volvió a Castala. El periodista Tico Molina lo entrevistó y se puede encontrar información de la entrevista e historia dentro de la casa.

Instalaciones asociadas: un pequeño abrevadero, una mina también llamada el cerezo, la casa de Dios (arreglada por el equipo porcel), bancos de madera y macetas

Problemas: esta fuente no presenta grandes problemas, más allá de sus características de lejanía sobre el resto.

5.2.2-FUENTE DE LA RAMBLA (O DE CASTALA)



Figura 13 (Martín J. 2009)

Coordenadas (UTM ETRS89):

-X: 506906.85

-Y: 4082377.652

Altitud: 740 msnm

Barrio: Castala

Caudal: entre 1 l/s y 10 l/s (2011)

Historia y diseño: ya asociada a este núcleo, cerca se encuentran los restos de un antiguo molino de agua musulmán.

Instalaciones asociadas: galería (tapada), acequias, fuentes asociadas (fuente del santo (con depósito y abrevadero), fuente del Barrio alto y fuente del Barrio bajo) y balsa.

Problemas: la original está localizada en la rambla, para ir hay que atravesar propiedades privadas, lo mejor es ir a alguna de las fuentes artificiales próximas a ella.

5.2.3-FUENTE DE LA HIGUERA



Figura 14 (elaboración propia 2020)

Coordenadas (UTM ETRS89):

-X: 505652.803

-Y: 4078473.755

Altitud: 396 msnm

Barrio: Los Cerrillos

Caudal: 19 l/s (2011), generalmente entre 10 y 100 l/s

Historia y diseño: ya citada en el libro de los apeos de Berja (1572-1575). No hay ninguna higuera cerca, se cree que en el pasado sí hubo.

Instalaciones asociadas: galería (tapada) protegida por una reja, bancos de metal y lavadero. Las acequias la dirigen hacia el complejo de la fuente del almez.

Problemas: no he encontrado ninguna cita sobre que se seca muy esporádicamente, cosa que he comprobado personalmente en los últimos años, de manera muy puntual.

5.2.4-FUENTE DEL ALMEZ



Figura 15 (elaboración propia 2020)

Coordenadas (UTM ETRS89):

-X: 505750.803

-Y: 4078273.753

Altitud: 390 msnm

Barrio: Los Cerrillos

Caudal: 40 l/s (2011), generalmente entre 10 y 100 l/s

Historia y diseño: Antiguamente tenía un almez (*celtis australis*) que ya no existe (2020).

Instalaciones asociadas: el complejo más interesante de todos, además de la fuente arquitectónica y los bancos de piedra para sentarse, en el complejo vemos 3 flujos de agua: el de la propia fuente del almez, el cauce de la fuente de la higuera que se sitúa justo debajo de esta y otro cauce (*Los Rosalillos*) asociado que sale debajo de las escaleras de piedra de acceso.

Problemas: no he encontrado ninguna cita sobre que parece estar perdiendo caudal.

5.2.5-FUENTE DEL ORO



Figura 16 (elaboración propia 2020)

arquitectónica. Data del siglo XV y se aprovechaba su agua ya en esa época que discurría por acequias hasta distintas barriadas como la Calerilla.

Coordenadas (UTM ETRS89):

-X: 505811.805

-Y: 4078364.748

Altitud: 396 msnm

Barrio: Los Cerrillos

Caudal: 20 l/s (2011), generalmente entre 10 y 100 l/s

Historia y diseño: Antiguamente llamada Fuente Pitran, está constituida por una galería (no accesible) de 50 m. de longitud (Cara Barrionuevo 2010) y una fuente

Instalaciones asociadas: fuente arquitectónica seguida con lavadero y sistema de acequias.

Problemas: ninguno aparentemente.

5.2.6-FUENTE DE HILAS



Figura 17 (elaboración propia 2020)

Coordenadas (UTM ETRS89):

-X: 509129.862

-Y: 4079053.596

Altitud: 680 msnm

Barrio: Hilas o Ylar

Caudal: 2 l/s (2011), generalmente entre 0,1 y 1 l/s

Historia y diseño: ya asociada a esta antigua pequeña alquería, en la actualidad está compuesta por una galería que recuerda al mismo tipo que la de la higuera.

Instalaciones asociadas: galería, pequeño abrevadero y dos balsas de riego a escasos metros.

Problemas: al estar tan lejos del núcleo principal, e Hilas estar tan poco poblado, está poco cuidada.

5.2.7-FUENTE DE EL CORTIJUELO



Figura 18 (Fernández Morales J. L. 2020)

Coordenadas (UTM ETRS89):

-X: 500903.785

-Y: 4081287.943

Altitud: 370 msnm

Barrio: El Cortijuelo (Peñarrodada)

Caudal: 2 ls/, generalmente entre 0,1 y 1 l/s

Historia y diseño: está situada próxima a la barriada de los Rodríguez y de Peñarrodada, siendo el único manantial natural en esta zona.

Instalaciones asociadas: pequeño complejo con bancos, un lavadero y balsa de riego.

Problemas: desconocimiento popular, su complejo podría ser bastante más atractivo ya que es muy simple el que tiene.

5.2.8-FUENTE DE HIRMES

Coordenadas (UTM ETRS89):

-X: 500179.798

-Y: 4083078.918

Altitud: 660 msnm

Barrio: Hirmes

Caudal: entre 0,1 y 1 l/s

Historia y diseño: es una corrrta galería que recoge el agua de una sima o grieta rocosa, guiándola hasta la alberca. El agua brota de una galería no visible y dirigida por una acequia a través de una tubería.



Figura 19 (elaboración propia 2020)

Instalaciones asociadas: acequia, lavadero y balsa de riego.

Problemas: aparentemente ninguno

5.2.9-FUENTE DE ALCAUDIQUE



Figura 20 (ayuntamiento de Berja 2003)

Coordenadas (UTM ETRS89):

-X: 505781.793

-Y: 4076806.773

Altitud: 320 msnm.

Barrio: Alcaudique

Caudal: 40 l/s (2011), generalmente entre 0 y 100 l/s

Historia y diseño: Su construcción es del s. XVI, los romanos y los árabes ya conocían y usaban su agua. Está formada por una galería

que llega a una cámara que se divide en dos caminos llegando a 1100 m de longitud.

Instalaciones asociadas: complejo asociado con escaleras y bancos de piedra, galería y reja. Al salir del complejo y cruzar la calle, tiene un lavadero y más adelante un abrevadero en la zona del Prado (Alcaudique)

Problemas: el caudal se seca especialmente en verano, pero cada vez es más frecuente. Es fácil encontrar basura en su complejo y cauce.

5.2.10-FUENTE DE RIGUALTE (O DE LA RANA)



Figura 21 (López Cabrera M. 2020)

Coordenadas (UTM ETRS89):

-X: 503579.757

-Y: 4076766.902

Altitud: 300 msnm

Barrio: Rigualte o Riguarte

Caudal: 10 l/s (2011), generalmente entre 1 y 10 l/s

Historia y diseño: es conocida también como fuente de la rana, cerca se encuentran restos de la muralla musulmana de Villavieja. Está formada por una galería abovedada de

28 m. de longitud.

Instalaciones asociadas: complejo con una figura religiosa, asientos, bancos, escaleras de acceso a la fuente y una galería con reja de metal. Al pasar la calle tiene asociados un lavadero y una balsa de riego.

Problemas: no he encontrado ninguna cita sobre que parece estar perdiendo caudal, hecho que vecinos del notaron y se manifestaron en 2003. Parece empeorar aún más.

5.2.11-FUENTE DE EL CID



Figura 22 (J Martín Jiménez 2009)

Coordenadas (UTM ETRS89):

-X:502409.794

-Y:4082298.826

Altitud: 500 msnm

Barrio: El Cid

Caudal: entre 0,1 y 1 l/s

Historia y diseño: próxima a ella se encuentra la fuente del chorrillo y varios surgimientos a cauce, tiene una alberca asociada en Peñarrodada. Está formada por una acequia (rota) con una tubería (controlada) por donde sale el agua.

Instalaciones asociadas: acequia (destruida una parte) y balsa de riego.

Problemas: ya no existe tal fuente que salía de una tubería a una acequia. La acequia está rota en esa parte, y la tubería se encuentra cerrada cerca de una tapa de alcantarillado. Parte del agua parece ser conducida por una acequia entubada hasta la balsa. Cerca aparecen surgencias, aunque también se encuentra la fuente del chorrillo que nace a cauce.

5.2.12-FUENTE DE LA CAÑADA DE RODA



Figura 23 (J Martín Jiménez 2009)

Coordenadas (UTM ETRS89):

-X: 496971.805

-Y:4081740.122

Altitud: 420 msnm

Barrio: Benínar

Caudal: entre 0,1 y 1 l/s

Historia y diseño: su agua se repartía por volumen a distintas familias que vivían en Benínar. Está construida por una estructura de rocas de donde sale un chorro de agua.

Instalaciones asociadas: recinto para la fuente y albercas.

Problemas: aparentemente ninguno

5.2.13-FUENTE DEL AGUADERO



Figura 24 (Cárdenas Cabrera A. 2020)

Coordenadas (UTM ETRS89):

-X:501928.748

-Y:4075958.054

Altitud: 210 msnm

Barrio: El Aguadero (San Roque)

Caudal: 1 l/s (2011), generalmente entre 1 y 10 l/s

Historia y diseño: no tiene ningún diseño al ser un lugar donde hay varias surgencias difusas en el cauce próximos entre sí.

Instalaciones asociadas: no tiene instalaciones asociadas, más allá de un puente para atravesar la barriada del Aguadero para ir a la de la Ventilla.

Problemas: Basura por la rambla donde se encuentra. Abandono, suciedad, péroda de caudal y comienza a surgir cada vez más al sur.

5.2.14-FUENTES DE MARBELLA



Figura 25 (ADOR 2006 en conocetusfuentes)

Coordenadas (UTM ETRS89):

-X:498223.433

-Y:4076194.606

Altitud: 200 msnm

Barrio: Fuentes de Marbella (Río Grande)

Caudal: superior a 100 l/s

Historia y diseño: conocidas desde la antigüedad, al ser parte del cauce y agua que se añade al Río Adra. No hay diseño al ser un lugar donde hay varias surgencias difusas en el cauce.

Instalaciones asociadas: puente para cruzar ambos lados.

Problemas: un antiguo bar destruido, cañaverales invasores (*arundo donax*), contaminación y mucha basura de todo tipo.

5.3-SÍNTESIS DE LOS ASPECTOS HIDROLÓGICOS E HIDROGEOLOGÍCOS DEL CATÁLOGO

Toda el área estudiada se encuentra, como se ha mencionado antes, ocupada por materiales del complejo alpujárride de las Cordilleras Béticas.

Como se indicó en la figura 5, las principales unidades acuíferas son: Turón-Peñarrodada (carbonatado), Hirmes-Alcolea (carbonatado), Gádor (carbonatado) y de Berja (detrítico). A continuación los describo brevemente y cito las fuentes asociadas a cada unidad.

-Unidad acuífera carbonatada de Turón-Peñarrodada: está localizada en el sector noroeste de Berja. La superficie que ocupa este acuífero es de 44,9 km² con tres ventanas tectónicas (Turón, Peñarrodada y Cerrón-Álvarez) separadas por filitas, pero con conexión hidráulica (Pulido Bosch *et al.* 1986.). Aquí están las Fuentes de Marbella, a las que dedicamos más atención en el apartado siguiente(5.4).

-Unidad acuífera carbonatada de Hirmes-Alcolea: está localizada en la zona norte y noreste de Berja. La superficie es de 50,2 km² y se estima que llegue a tener un espesor máximo de algo menos de 300 m. (García López 1996). Aquí se localizaría la fuente de Hirmes.

-Unidad acuífera carbonatada de Gádor: es la más importante en cuanto a número de fuentes. En el sector del río Adra tiene una superficie de 48,2 km² y está constituido especialmente de calizas y dolomías (Díaz-Puga 2016). Los materiales tienen geometría muy irregular y han generado desconexiones hidráulicas por barreras locales y las relaciones entre sus distintos acuíferos y compartimentos son difíciles de conocer (Jiménez Sánchez *et al.* 2011). Aquí se encuentran las fuentes del cerezo, la rambla, la higuera, el almez, el oro, Hilas, Alcaudique y Rigualte.

-Unidad acuífera detrítica de Berja: está localizada en la depresión de Berja. Su geometría es irregular, con un total de 33,6 km². Está compuesta sobretodo de depósitos de gravas y arenas permeables. En este complejo únicamente se encuentra la fuente del Aguadero.

Además hay otra unidad acuífera de menor importancia: Alhamedilla (carbonatado) con 13,7 km² en su área dentro de la cuenca del río Adra (Díaz-Puga 2016), aquí no localizamos ninguna de nuestras fuentes, aunque sí hay manantiales de Berja.

No he podido hallar datos de las unidades acuíferas donde se encuentran las fuentes del inventario no citadas. Sin embargo, al haber comparado los diferentes mapas puedo estimar que la Cañada de Roda debe encontrarse en lo que parece un afloramiento carbonatado disperso; la fuente del Cid parece encontrarse en el tramo más septentrional del acuífero detrítico de Berja, la fuente del Cortijuelo parece situarse en la unidad acuífera de Turón-Peñarrodada, cerca de la unidad detrítica de Berja, en la figura 26 se puede apreciar esto.

Aquí voy a resaltar el funcionamiento de dos sistemas importantes, el de la fuente de Alcaudique y el del sistema higuera-almez-oro ya descritos por García López (1996). Al ser estos, los de mayor aporte hídrico con la excepción de las Fuentes de Marbella y con un funcionamiento diferente.

-El sistema de las fuentes de Marbella es un nacimiento a cauce difuso a lo largo de 50 m. asociado a rocas carbonatadas del complejo alpujárride en el propio cauce del Río Adra al cual lo alimentan en ese área (Jiménez-Sánchez J. *et al.* 2011). En el siguiente punto comentaré más aspectos sobre este sistema.

-El sistema de la fuente de Alcaudique se trata de una área kárstica, con una alta vulnerabilidad a la permeabilidad por fisuración y karstificación de los materiales acuíferos. (Carrasco *et al.* 1981). Está formado por una galería de 80 m. de longitud que se adentra en el Cerro Montibel (567 m) por el cual se siente muy influido (García López 1996). Al pasar la galería se llega a una gran sala que se divide en dos caminos que dejan de ser transitables por su tamaño. García López (1996) plantea una posible relación entre el agua de la fuente de Alcaudique con la fuente de Rigualte considerando los isótopos de ambas y las incluye bajo el mismo sistema.

A diferencia de otros sistemas, este se ve muy influido por el régimen de precipitaciones, a lo que hay que sumarle las extracciones de agua para el cultivo agrícola (Díaz Puga 2016). En cuanto a su caudal, un estudio del IGME (Instituto Geológico Minero de España) en el periodo de 1976 a 1982 dató 64 l/s, posteriormente García López (1996) dató en el periodo de 1989 a 1992 un caudal de 45 l/s y Díaz-Puga (2016) presenta datos para el periodo de 2002 a 2009 de 39 l/s. Este autor señala el aumento del caudal, de diciembre de 2009 (29 l/s) a enero (179 l/s) de 2010, a causa de que el mes de diciembre fue muy lluvioso con 339 mm. así podemos ver la gran relación de las precipitaciones del caudal.

-El sistema de las fuentes de la higuera, almez y oro se trata del más importante de Berja, sus características físico químicas son similares (García López 1996) y podemos comprar su similitud en el Figura 26. Están situados a unos 1500 m de la fuente de Alcaudique y presentan desconexión hidráulica con ella (Díaz Puga 2016). Están formadas por galerías de 10 a 30 metros de profundidad (García López 1996), de las cuales solo se aprecia la de la fuente de la Higuera, mientras que las otras están asociadas a fuentes arquitectónicas. En este sistema habría que incluir la fuente de maicenteno. En cuanto a sus caudales, un estudio del IGME en el periodo de 1976 a 1982 dató 129 l/s para la higuera, 145 l/s para el almez y 105 l/s para el oro, posteriormente García López (1996) dató en el periodo de 1989 a 1992 un caudal de 90 l/s para la higuera, 102 l/s para el almez y 79 l/s para el oro. Reciben su recarga hídrica se produce en una altitud media de 1650 m. debido a su contenido isotópico mostrado por el cual además calcula la evapotranspiración, la escorrentía e infiltración producida a esa altura y deduce una recarga para el sistema que las alimenta de 0,32 hm³/km² por año en un área aproximado de 16 km²(García López 1996).

Como hablé en el apartado 4.1.3 (Hidrogeología), Berja se encuentra en la pertenecerían las Fuentes de Marbella (Río Grande), la Cañada Roda (Benínar) y la fuente de Hirmes, y la subcuenca del Río-Chico de Adra donde se sitúan el resto de nuestras fuentes.

En cuanto al caudal de los manantiales seleccionados que pertenecen a la unidad acuífera de Gádor, acaban poco a poco sumándose a un sistema de ramblas que acaban confluyendo cerca del nacimiento del aguadero (unidad acuífera de Berja), y en el nacimiento del Río Chico, ya en el paraje de las Cañadas. Algunas de estas fuentes van a parar a la red de abastecimiento urbano o a balsas y albercas próximas. Un claro ejemplo de esto es la fuente de la higuera, que continúa su cauce por la fuente del almez, ambas continúan juntas por un conducto de acequias hasta los lavaderos del caz y se puede seguir la acequia hasta la zona de «el molino» a escasos metros de la ermita de las mercedes, donde probablemente se dirija al núcleo de Berja, a través de estas acequias, acabando en la balsa de Pago. Este ejemplo no es único, la actividad humana ha dirigido también otras fuentes, como la de Alcaudique por la zona del prado o la de Rigualte a la balsa de Rigualte para abastecer a la comunidad de regantes de este barrio.

Sin embargo, si nos fijamos en un mapa topográfico podemos estimar su cauce natural. Utilizando el mapa del sig-pac (sigpac.mapama.gob.es) he creado un mapa esquemático (figura 26) con las 14 fuentes inventariadas y su relación con las ramblas. Por supuesto, a esto habría que sumarle más ramblas.

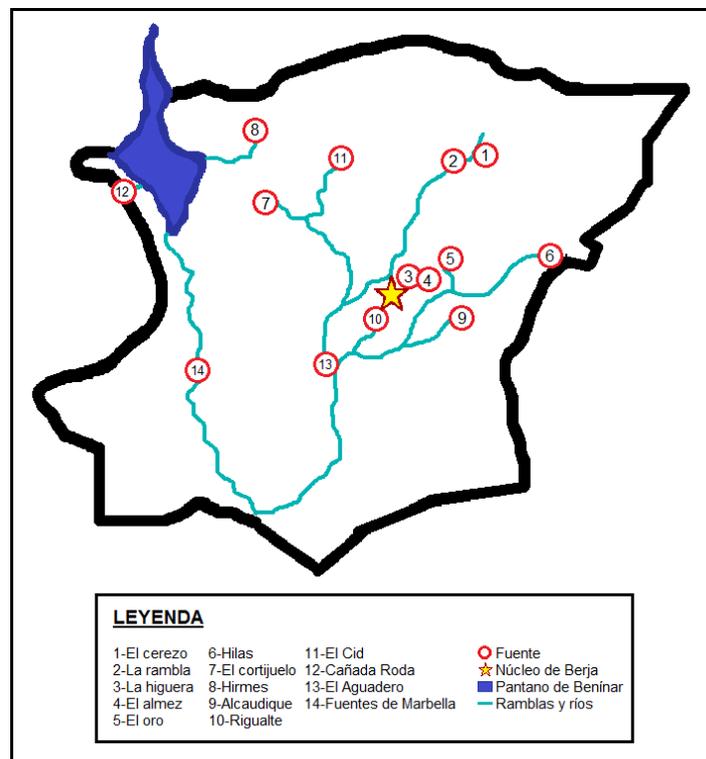


Figura 26. Mapa sobre el cauce de las 14 fuentes inventariadas (elaboración propia)

Estas ramblas son conocidas ya desde otras épocas y, como ocurre con otros cauces hídricos, recibe un nombre diferente por cada zona. Por la subcuenca del Río

Grande se observa que la fuente de la Cañada Roda (12) va a parar al Pantano de Benínar desde el oeste, mientras que por el este se le suma una rambla cerca de la fuente de Hirnes (8). El pantano estaría en el tramo del Río Adra, al que de manera natural se le sumarían las Fuentes de Marbella (14) y acabarían juntándose con la subcuenca del Río Chico cerca de la frontera con el municipio de Adra.

En la subcuenca del río chico se observa una ramificación de ramblas. De oeste a este tenemos la fuente del cortijuelo (7) que se une con la fuente del Cid (11) en la rambla situada entre la barriada del Cortijuelo y Los Rodríguez (Peñarrodada). Cabe destacar aquí, que en el tramo final de la rambla del Cid se encuentra «el molino de agua de Luís Marín». A continuación, a casi el comienzo de la rambla de Castala, se encuentra la fuente del cerezo (1), que a no demasiada distancia se le sumará la fuente de la rambla (2). La rambla de Castala, continuará y pasará a llamarse «Rambla de Julbina» en las proximidades del núcleo de Berja, cerca de la barriada de Buenos Aires. Estas dos ramblas se juntará posteriormente en la barriada de Nejite hasta llegar al Aguadero.

Otra ramificación principal es la que sucede más al este del municipio. Las ramblas de Santa Lucía e Hilas, donde está la fuente de Hilas (6), se juntan en Sotomán formando la rambla del mismo nombre a la que se le sumarían, en teoría, la fuente del oro (5), el almez (4) y la higuera (3). Esta rambla continúa por Alcaudique y recibe el nombre en este tramo de «Rambla de Alcaudique» donde se sumará la Fuente de Alcaudique (9). Más adelante, ya en Benejé, se juntará con otra rambla más al sur que ha ido recorriendo la cara norte de la Sierrecilla (o Sierra Alhamedilla, donde está la unidad acuífera de alhamedilla). Pasado el barrio de Benejé, se le debería sumar el agua de la fuente de Rigualte (10) y poco después juntarse en el aguadero con la otra rambla y con la fuente del Aguadero, continuando todo en el cauce de Río Chico.

5.4-CONSIDERACIONES SOBRE EL BALANCE HÍDRICO

Tanto García López (1996) como Díaz-Puga (2016) indican que los manantiales hacen de descarga de las cuatro principales unidades acuíferas: Turón-Peñarrodada, Hirmes-Alcolea, Gádor y de Berja. Todos los acuíferos de Berja tienen un balance hídrico positivo como muestro en la tabla 1.

Acuífero	Entradas (hm ³ /año)	Salidas (hm ³ /año)		Balance hídrico
		Bombeo	Manantial	
Turón-Peñarrodada	27,4	-3,4	-21,9	2,1
Hirmes-Alcolea	8,9	-1,8	-5,9	1,2
Gádor	11,7	-3	-5,4	3,3
Berja	4,5	-1	0	3,5

Tabla 1. Balance hídrico de las unidades acuíferas hecho a través de la recopilación de datos de Díaz-Puga (2016)

Como se aprecia, la mayor parte de las salidas de agua se relacionan con manantiales, a excepción del acuífero detrítico de Berja, donde los bombeos superan a los manantiales. El único manantial que drena esta zona es El Aguadero, el cual tiene un caudal muy pequeño (1 l/s) (Díaz-Puga 2016). Hay que destacar también que en la unidad de Hirmes-Alcolea, la mayor salida la realiza el manantial de Hortichuelas (2,84 hm³/año), el cual se encuentra en la localidad vecina de Darrícal (Alcolea), así como la mayor parte de los manantiales que lo drenan (Díaz-Puga 2016).

Las Fuentes de Marbella son sin duda el manantial más caudaloso de Berja, y la mayor salida del acuífero de Turón-Peñarrodada, por eso, les dedico especial atención en este apartado. Se llegan a extender a lo largo de 500m de longitud (Díaz-Puga 2016). Se presentan en el cauce del propio Río Adra, su caudal está muy influenciado por el Pantano de Benínar tanto en su desagüe como en las infiltraciones de agua que se producen en él al acuífero, siendo el mayor aporte de agua de las Fuentes de Marbella (Díaz-Puga 2016). Su recarga permanente se produce a través del Pantano de Benínar es 250 l/s (García López 1996).

Un informa de 2011 de Jiménez-Sánchez J. *et al.* estimaron un caudal de unos 21'3 hm³/año. Con un caudal que variaría entre los 450 l/s y los 850 l/s. Su caudal medio es de 660 l/s para el periodo entre el año 1973 y 2001, siendo su caudal máximo 2296'8 l/s y el mínimo 240 l/s (Figura 27).

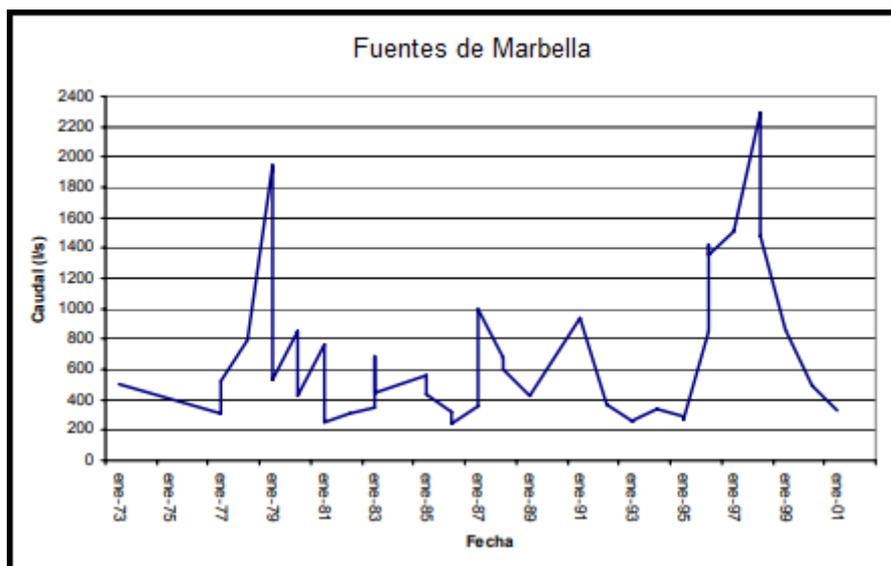


Figura 27. Hidrograma de las Fuentes de Marbella (1973/2001) en Jiménez-Sánchez *et al.*,(2011)

A continuación muestro una tabla que he realizado de las salidas de agua y el caudal, sobre nuestras fuentes de esta unidad acuífera, a través de los datos recopilados por Díaz-Puga (2016) en su bibliografía:

FUENTE	Q (caudal en l/s)	Salidas (hm ³ /año)
El cerezo	0,25	0,25
La rambla	11,00	0,35
La higuera	19,00	0,60
El almez	40,00	1,26
El oro	20,00	0,63
Hilas	2,00	0,06
El cortijuelo	2,00	0,06
Alcaudique	40,00	1,26
Rigualte	10,00	0,32

Tabla 2. Datos del caudal por segundo y por año de las 14 fuentes seleccionadas (elaboración propia)

Tengo que señalar otro gran manantial de salida de esta unidad acuífera (entre otras no nombradas) que es la fuente de maicenteno (de titularidad privada) que tiene un caudal medio por segundo de 15 litros y una salida al año de 0,47 hm³. Siendo el quinto de mayor importancia tras la fuente de Alcaudique, del almez, del oro y de la higuera.

5.5- CARACTERÍSTICAS HIDROQUÍMICAS DE LAS FUENTES

En el punto 4.2.1 (Análisis de las muestras de agua) del presente TFG, describí de manera breve algunos análisis realizados sobre la hidroquímica que recopilé en una tabla mostrada como anexo III.

En el anexo III, de los 41 puntos estudiados (manantiales y sondeos), se observa que hay varios puntos de baja calidad que sobrepasan estos límites. Destaca especialmente el contenido en flúor que es superior a las 1,5 ppm. en 15 de estos puntos. Esto se debe a un accidente en octubre de 1966, debido a una fuerte lluvia (190 mm/24 horas) que rompió un dique de contención de lodos (principalmente de Pb y F) en la zona de los lavaderos (en Las Minas). Estos lodos fueron discurriendo por las ramblas de Castala y de Julbina, contaminando y dañando los cultivos e infraestructuras próximas (Díaz-Puga *et al.* 2011). En la figura 28 obtenida de Díaz-Puga *et al.* (2020) se ve el área afectada.



Figura 28. Área afectada de la rotura de diques de contención en 1966 (Díaz-Puga *et al.* 2020)

El área anaranjada en la zona de El Segundo es donde se encontraban los diques, y el área de color naranja próximo a Castala es donde condujeron los fluidos para evitar daños mayores (Díaz Puga *et al.* 2020). El área de color verde es el cauce por donde circularon y los puntos rojos son los puntos que estudiaron en 2010.

Todos los puntos donde el agua tiene alto contenido en F (4, 5, 7, 11, 13, 14, 15, 17, 24, 25, 29, 31, 35, 36 y 41) están situados en el cauce de la rambla de Castala-Julbina o próximos a ella. Destaca sobre todo el punto 25 correspondiente al manantial

de Los lavaderos (muy próximo a donde estaban los diques) con 4,29 ppm, casi triplicando lo recomendado por la OMS; este punto también es uno de los dos donde el Pb pasa los límites de la OMS con 0'026 ppm. Sin embargo, uno de los puntos más próximos (y también es una de las 14 fuentes seleccionadas) y que no se vio afectado fue el de El Cerezo, probablemente debido a que se encuentra a varios metros de altura del cauce de la rambla.

En el diagrama de piper expuesto a continuación (Figura 29) se observa que los altos contenidos en sulfatos en algunas aguas, probablemente estén asociados con algunas intercalaciones de yeso presentes en las unidades alpujárrides, aunque no se puede descartar que pueda proceder de la agricultura. También el diagrama indica que las muestras con más flúor ($F^- > 1,5$ ppm) contienen también más sulfato (Daniele L *et al.* 2013).

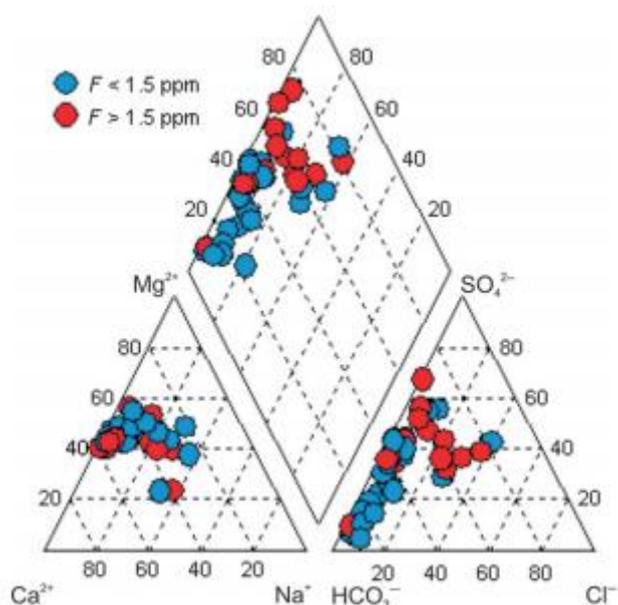


Figura 29. Diagrama de Piper sobre los datos obtenidos en el estudio de 2010 (Daniele L *et al.* 2013)

En el estudio de Díaz Puga *et al.* (2010) se encuentran 10 de las 14 fuentes seleccionadas. No aparece ni la Cañada Roda, ni el Cid, ni Hirmes ni el Aguadero. Debido a la relación que hay entre las aportaciones de F con la localización de los sondeos, probablemente no se vieron afectadas ni la Cañada de Roda, ni el Cid, ni Hirmes. Sin embargo, el Aguadero se encuentra al final del cauce de la rambla de Julvina por la que discurrieron los contaminantes; sí se vieron afectados los puntos próximos de Nejite (13 y 41) con 1,6 ppm, pero los realizados en San Roque (21 y 22) no, aunque presentan valores altos (pero aceptables) de 1,35 y 1,2 ppm. He aquí una tabla 3 realizada a partir de los datos recopilados en 2011 en la Tesis de Díaz-Puga (2016), donde he seleccionado las fuentes del inventario que sí aparecen con el pH y varios isótopos de elementos seleccionados que aparecían en el informe de la OMS.

41	14	Posible	pH	Na ⁺	Cl ⁻	SO ₄ ⁻	NO ₃	As	Pb ⁺⁺	F ⁻
26	1	El Cerezo	7,85	4,2	6,0	65,5	6,5	3,2	0,7	0,551
27	2A	Fuente de Castala	7,69	7,3	8,0	44,0	6,7	0,6	1,2	1,245
28	2B	Castala barrio	8,06	7,9	7,0	34,8	7,8	0,3	0,4	0,955
32	3	Fuente de la Higuera	7,49	3,1	4,0	140,5	4,0	2,2	7	1,435
8	4	Fuente del Almez	7,62	3,2	4,0	142,0	4,6	2,3	5,6	1,425
9	5	Fuente del Oro	7,35	5,8	7,0	115,4	5,2	2,2	5,4	1,465
6	6	Hilas	8,42	4,2	8,0	6,2	7,5	0,7	0,5	0,033
1	7	Fuente de Alcaudique	7,33	12,2	14,0	96,3	24,6	1,5	0,5	0,533
10	9	Rigualte	7,12	29,1	29,0	228,2	47,4	1,1	0,8	1,355
30	10	Cortijuelo	7,94	63,9	91,0	186,0	4,0	2,5	0,5	0,382
3	14A	Fuentes de Marbella (1)	7,74	211,4	394,0	579,3	5,0	10,8	0,7	0,280
12	14B	Fuentes de Marbella (2)	7,50	128,2	161,0	231,0	1,0	2,5	0,5	0,762

*Todo en ppm (partes por millón), salvo el As y el Pb están representados en ppb (partes por mil millones).

Tabla 3. Recopilación de datos de las 14 fuentes del estudio de Díaz-Puga *et al.* 2011 (elaboración propia)

Se observa que todas las aguas presentan datos dentro de los estándares de la OMS (expuestos en el anexo III y en OMS 2006), salvo uno de los sondeos realizados en las Fuentes de Marbella que supera los límites de Na⁺, Cl⁻, SO₄⁻ y As. Al igual que el Aguadero, las Fuentes de Marbella son surgencias de agua en los cauces de Río Chico y Río Grande que considero que deberían ser mejor enfocadas al turismo paisajístico, o advertir claramente de la calidad de ellas (como en el resto de fuentes), teniendo además en cuenta que ninguna está tratada sanitariamente (No potable).

Como hecho histórico, cabe destacar que en 1913 el IGME calificó el agua de las Fuentes de Marbella como «aguas minero-medicinales», clasificadas como aguas sulfuradas a 25 °C; ya en 1974, las clasificó como aguas sulfhídricas (IGME-JA 1991).

5.6-ELEMENTOS DE INTERÉS PATRIMONIAL

Algunas de las 14 fuentes seleccionadas tienen instaladas fuentes arquitectónicas de gran valor. A continuación describo brevemente los elementos patrimoniales que encontramos.

-Fuente del cerezo: es una fuente muy simple que gracias al «equipo porcel» se ha podido restaurar su estructura, la alberca próxima, el lugar donde se encuentra por donde hay senderos señalados, una mina con el mismo nombre y la «casa de Dios».

-Fuente de la rambla (o Castala): la galería (tapada) y la acequia inicial por donde discurre no tienen un gran valor patrimonial más allá de su historia. Sin embargo sí lo tiene el complejo asociado de la fuente del Santo, al lado de la iglesia de Castala o las fuentes arquitectónicas del Barrio Alto de Castala y del Barrio Bajo de Castala.

-Fuente la higuera: su remodelación es del 1934, su galería que reproduce la construcción árabe de un *qanab* se encuentra protegida por una reja, tiene asociados un pequeño espacio con árboles y bancos y unos lavaderos de piedra.

-Fuente del almez escrito: está situada en un complejo con la propia fuente arquitectónica del almez (del siglo XIX) de la que brotan tres chorros de agua (uno grande central y dos pequeños a sus lados), una cavidad que sale de debajo de la fuente arquitectónica y trae el agua de la fuente de la higuera y más tarde se juntará con el otro curso de agua (*manantial de los rosillos*).

-Fuente del oro: está localizada en un complejo donde se halla su fuente arquitectónica (con tres chorros de agua, uno grande en el centro y dos pequeños en los lados). A escasos metros tiene un lavadero de piedra por donde circula parte de su agua.

-Fuente de Hilas: tiene una galería medio tapada por rocas, aunque su agua está conducida por un tubo de PVC con tres grifos. Al lado tiene un abrevadero pequeño, una acequia entubada y las dos balsas a las que se dirige su agua.

-Fuente del Cortijuelo: está en un pequeño complejo con bancos al exterior, unas escaleras que llevan a unos lavaderos de piedra bañados por el tubo de la propia fuente. El agua sigue por los lavaderos hasta llegar a una balsa situada también en el complejo.

-Fuente de Hirmes: el agua viene traída por un tubo de una galería (tapada) situada al lado, pasa por una acequia, de esta a unos lavaderos pequeños y a una balsa. Se encuentra en un pequeño parque en Hirmes donde también está el antiguo consultorio.

-Fuente de Alcaudique: su complejo es grande y está dominado por el propio manantial que viene de una galería cerrada por una reja. Tras cruzar la vía por donde se encuentra se llega a un parque donde tiene unos lavaderos asociados.

-Fuente de Rigualte: está próxima a restos de murallas del periodo musulmán. En su complejo se localiza el santo local del barrio, unos bancos, y unas escaleras que guían al manantial que surge de una galería cerrada por una reja. Su galería es abovedada y mide

1,9 m. de altura, 70 cm (aproximado) de anchura y 28 m de longitud. Al cruzar la calle se llega a unos lavaderos (no demasiado cuidados) asociados y a la balsa de la comunidad de regantes local.

-Fuente del Cid: su lugar original se encontraba en una acequia con un tubo por donde había guiado el agua. Actualmente (2020) se encuentra destruido, el tubo tiene un grifo y se encuentra tirado entre matorrales. Próxima a ella hay varias surgencias como la fuente del Chorrillo.

-Fuente de la Cañada de Roda: está guiada por un tubo que surge a una pequeña fuente artificial de piedras. El principal atractivo de ella es su paraje y vistas al pantano de Benívar.

-Fuente del aguadero: no tiene ningún elemento construido más allá del puente para cruzar ambos lados de la rambla por la que circula.

-Fuentes de Marbella: no tiene ningún elemento construido más allá del puente para cruzar ambos lados del Río Grande al cual alimenta.

Independientemente de ellas, en Berja destacan también fuentes arquitectónicas como es el caso de fuentes tan conocidas y apreciadas como la fuente toro (Figura 10) o la fuente de los 16 caños (Figura 30) que he recogido en el anexo V.



Figura 30. Fuente de los 16 caños, la fuente arquitectónica más emblemática de Berja (elaboración propia)

6-DISCUSIÓN

Berja es un municipio que se encuentra entre dos comarcas y dos maneras de ver el mundo e interactuar con ellos: la Alpujarra (mundo rural, natural y tradicional) y el Poniente Almeriense (nueva comarca basada en la agricultura bajo plástico donde la zona del Campo de Dalías es la que domina).

Esta situación debe ser tratada como una gran oportunidad para desarrollarse tratando de obtener los mayores beneficios de ambas comarcas. Municipios alpujarreños como Laujar de Andarax, a diferencia de otros como es el caso de Alcolea, ha decidido desarrollar gran parte de su actividad económica en el turismo rural y de montaña (laujardeandarax.es/). Berja tiene un interés y potencial de turismo grande ya que tiene en su término municipal algunos LIGs y ZECs importantes.

Como se ha ido mostrando a lo largo del TFG, los recursos hídricos de Berja son grandes y la calidad de las fuentes mostradas en el catálogo de las 14 fuentes se encuentra dentro de los estándares recomendados por la OMS (punto 5.5).

Sin embargo, Berja no está aprovechando estos recursos. La «ruta de las fuentes» creada en 2003 no cuenta con demasiada información disponible (ni siquiera en la propia oficina de turismo), los postes están desaparecidos y los carteles informativos en su mayoría están muy deteriorados. Además, las fuentes/manantiales también cuentan con descuido en la mayoría de los casos, falta de propuestas de mejora o de cuidado para su aprovechamiento.

Todo esto no debe ser excusa por parte de las administraciones locales para la mejora de la calidad de los manantiales y un mejor aprovechamiento de los servicios ecosistémicos que nos ofrecen. Un claro ejemplo es la fuente de Alcaudique que es de las fuentes que tiene mayor interés hidrogeológico, histórico y recreativo. En las Figuras 31 y 32 muestro su estado en septiembre de 2020, pero es atribuible a la mayor parte de meses en los que se encuentra seca (cada vez más abundantes).



Figuras 31 y 32. Estado de la fuente de Alcaudique en septiembre de 2020 (Barazas Cortés E. M.)

El caso de Alcaudique por desgracia no es único, y cada lugar tiene sus problemas. Ya se ha hablado el caso de las Fuentes de Marbella, sus problemas con los desechos y con los cañaverales (*Arundo donax*) invasores en su cauce. Una interesante propuesta de solución es la que Jiménez Sánchez *et al.* (2011) proponen, que es la eliminación progresiva de esta planta y la reintroducción de la vegetación autóctona como son los sauces (*Salix pedicellata*), álamo blanco (*Populus alba*), álamo negro (*Populus nigra*) y taraje (*Tamarix canariensis*).

7-CONCLUSIONES

A pesar de lo dicho en el apartado anterior, hay que ser realistas con el momento en el que Berja vive, y la agricultura bajo plástico no su puede ni debe quitar por el bienestar de de una gran parte de los virgitanos, esto no quiere decir que no pueda tener una mejor regulación.

Un gran problema del agua de los manantiales es su mal aprovechamiento, como el ambientólogo del ayuntamiento me informó. La agricultura bajo plástico necesita de un mayor consumo (y bombeo en muchos casos) que la agricultura con riego por inundación que ha caracterizado a Berja y a la comarca. Visto que el caudal va descendiendo año tras año, ya sea por los bombeos o el cambio climático, es necesario entubar o cerrar las acequias o algunas de ellas. Esto puede quedar estéticamente peor, pero es necesario ya que ahora cada gota de agua cuenta.

En el libro de *Sierra de Gádor, patrimonio natural e infraestructuras verde de Almería* de Oyonarte et al (2016) dan como una de las justificaciones de la creación de ese libro una posible ampliación del ZEC de las Sierras de Gádor y Énix (ES 16110008). En esta propuesta se incluye en el nuevo área las fuentes del Cid, Hirmes, Alcaudique.

La administración debe poner de su parte y comenzar a controlar todos los pozos ilegales que pueda, evitar pérdidas del agua y estudiar seriamente las localizaciones de algunos nuevos invernaderos construidos (como los que hay por la zona fronteriza de Dalías y Berja) y qué beneficio reportan al municipio y a los virgitanos, más que a grandes productores que compran estas tierras y generan más problemas que beneficios.

Si el patrimonio no se cuida y protege desaparecerá, por la falta de cuidado y protección. Ya a finales del siglo XX, Berja perdió el acueducto romano que estaba en Nejite. En la figura 33 muestro una foto realizada por Tapia Garrido en 1965.



Figura 33. Foto del acueducto romano de Nejite obtenida en Cara Barrionuevo 1997 (Tapia Garrido 1965)

Considero que Berja debe hacer una apuesta por el hidroturismo que es una buena arma para la protección de sus servicios ecosistémicos y capital natural. Se podrían instalar fuentes arquitectónicas antiguas, como la desaparecida Fuente de Don Emilio, o nuevas en manantiales importantes que no tengan un gran valor arquitectónico como pueden ser las fuentes del Cortijuelo o Hirmes. Se debería volver a crear una nueva ruta de las fuentes o hídrica de Berja e incluso la realización de catas de agua.

El hidroturismo aportaría grandes beneficios tanto en la publicidad de Berja, la protección de lugares de interés, la mejora de barrios, beneficios económicos y bienestar de la población a causa de todo lo expuesto.

8-BIBLIOGRAFÍA Y WEBGRAFÍA

8.1-BIBLIOGRAFÍA

Aldaya Valverde, F., Baena Pérez, J., Ewer, K., 1983. Memoria y Hoja Geológica de Berja (1:50.000). MAGNA (1043), Instituto Geológico y Minero de España, Madrid.

Bañares, A., G. Blanca, J. Güemes, J. C. Moreno y S. Ortiz 2003. *Atlas y libro tojo de la flora vascular amenazada de España. Dirección General de Conservación de la Naturaleza*. Madrid.

Cara Barrionuevo, L. (1997). *Historia de Berja: desde la prehistoria a la Edad Media/Lorenzo Cara Barrionuevo*. Ayuntamiento.

Carrasco, A., Carrasco, F., Ruiz-Tagle, M. y Thauwin, J. P. (1981). Características hidrogeológicas del acuífero calizo-dolomítico de la Unidad Gádor-Lújar en el sector de Berja-Benínar (Almería) y su relación con las Fuentes de Marbella. *I. Simp. Agua Andalucía*, I: 249-268. Granada.

Crivelli, A. J. (2006) *Lista Roja de especies amenazadas de la UICN*. (<https://www.iucnredlist.org/species/1846/8299534>).

Castañeda Muñoz, F (1987) *Manuel y Miguel Salmerón Pellón. Los poetas de Berja*. Ayuntamiento de Berja. Almería.

Daniele L., Corbella M., Vallejos A. Díaz-Puga M. y Pulido-Bosch (2013). *Geochemical simulations to assess the fluorine origin in Sierra de Gádor groundwater (SE Spain)*. Journal of Geofluids 13(2).

Díaz-Puga M. A., Daniele L., Vallejos A., Pulido-Bosch A. y Corbella M. (2011). *Flúor en las Aguas Subterráneas de Sierra de Gádor (SE, España)*. Revista de la sociedad española de mineralogía (2011).

Díaz-Puga M. A., Pulido Bosch A., Vallejos A., Sola F., Simón M., García I. (2020). *Impact of Mine Leachates on a Carbonifer Aquifer (SE Spain)*. Mine Water and the Environment.

García López, S. (1996). *Los acuíferos carbonatados alpujárrides al sureste de la Sierra Nevada. Hidrodinámica, hidroquímica, hidrología isotópica y cartografía de las aguas subterráneas*. Tesis Doctoral, Universidad de Granada.

Giménez E., Gómez Mercado F., Aguilera A. M. y R. Salas (2016). *La vegetación*. En Oyonarte et al. (eds.). *Sierra de Gádor, patrimonio natural e infraestructura verde de Almería*. Fundación Patrimonio Natural, Biodiversidad y Cambio Global. pp: 91-112. Almería.

Guirado J. S., Garrido-Becerram Mota J. F. (2016). *Sierra de Gádor. La mayor infraestructura verde de Almería*. En Oyonarte et al. (eds.). *Sierra de Gádor*,

patrimonio natural e infraestructura verde de Almería. Fundación Patrimonio Natural, Biodiversidad y Cambio Global. pp: 261-275. Almería.

IGME-JA. (1991). *Evaluación del estado actual de las aguas mineras en la comunidad autónoma de Andalucía* (Convenio Marco de asistencia técnica entre el Instituto Tecnológico y Geominero de España y la Consejería de Economía y Hacienda de la junta de Andalucía).

Jacquín, J. P. (1979). *Contribution à l'étude Géologique et Minière de la Sierra de Gádor*. Tesis Doctoral, Universidad de Nantes, 501 págs.

Jiménez-Sánchez, J., Rubio-Campos, JC, De la Hera-Portillo, A. y Hueso-Quesada, L.M. (2011). *Informe de caracterización hidrogeológica y propuesta de protección de manantiales y lugares de interés hidrogeológico (Almería)*. Ministerio de ciencia e innovación.

Lirola Delgado, Pilar (2007). *Ibn Šaraf al-Qayrawānī, Abū Faḍl*. Almería

Martín-Algarra, A. (1987). *Evolución geológica Alpina del contacto entre las Zonas Internas y las Zonas Externas de la Cordillera Bética*. Tesis Doctoral, Universidad de Granada, 1171 págs.

Martín-Rojas I. (2006). *Las Unidades Internas del Sector de la Sierra de Gádor: Estructura y Evolución Geodinámica*. Universidad de Alicante.

Martín-Rojas I., Estévez Rubio A. y Delgado Salazar F. (2007). *Unidades tectónicas y estructura general de la Sierra de Gádor y zonas adyacentes (Cordillera Bética, provincia de Almería): implicaciones paleogeográficas*. Estudios Geológicos.

Mota J. F., Posadas L., Soria P., Jiménez-Sánchez M. L., Rodríguez-Tamayo M. L., Sola A. J., Garrido-Becerra, Martínez-Hernández, Medina-Cazorla J. M., Mendoza-Fernández A., Aguilera A. M., Pérez-García F. J. y Merlo M. E. (2016). *La flora amenazada*. En Oyonarte et al. (eds.). *Sierra de Gádor, patrimonio natural e infraestructura verde de Almería*. Fundación Patrimonio Natural, Biodiversidad y Cambio Global. pp: 129-142. Almería.

OMS, (2006). *Guías para la calidad del agua potable. Recomendaciones*. Ginebra (Suiza): Organización Mundial de la Salud.

Orozco, M (1972). *Los Alpujárrides en la Sierra de Gádor occidental*. Tesis Doctoral, Universidad de Granada, 379 págs.

Oyonarte, C.; Giménez, E.; Villalobos, M. y Guirado J. (eds.) 2016. *Sierra de Gádor, patrimonio natural e infraestructura verde de Almería*. Fundación Patrimonio Natural, Biodiversidad y Cambio Global. 305 pp. Almería.

Pulido Bosch, A., Benavente, J., Castillo, A. y Padilla, A. (1986). *Estudio hidrogeológico de la cuenca del río Adra* (Proyecto LUCDEME). Dept. Hidrogeología,, Universidad de Granada.

Salas R., Aguirra A., Bayo J., Barranco P. y López Martos J. M. (2016). *La fauna*. En Oyonarte et al. (eds.). *Sierra de Gádor, patrimonio natural e infraestructura verde de Almería*. Fundación Patrimonio Natural, Biodiversidad y Cambio Global.pp: 143-168. Almería.

Sanz de Galdeano, C. (1993). *Principal geological characteristics of the Betic cordillera*. En Pulido Bosch, A. (Editor). *Some spanish karstic aquifers*. Universidad de Granada.

Tapia Garrido, J. A. (1965). *Historia de la Baja Alpujarra*. Almería.

Universidad de Granada (2010). *Manantiales y fuentes de Andalucía. Hacia una estrategia de conservación. Conoce tus Fuentes*. Agencia Andaluza del Agua (Consejería de Medio Ambiente de la Junta de Andalucía y Universidad de Granada).

8.2-WEBGRAFÍA

- Ayuntamiento de Berja. Página de inicio. Consultado el 3 de mayo de 2020.
<http://berja.com/>
- Ayuntamiento de Berja. Sobre la Ruta de las fuentes. Consultado el 3 de mayo de 2020.
<http://berja.com/>
- Ayuntamiento de Laujar de Andarax. Página de inicio. Consultado el 3 de septiembre de 2020.
<https://www.laujardeandarax.es/>
- Biener S. (2015). La gran inundación desconocida: 1973, catástrofe en el sureste. Consultado el 21 de mayo de 2020.
<http://meteo vision.es/divulgaciones/la-gran-inundacion-desconocida-1973-catastrofe-en-el-sureste>
- BOJA 31/07/1984 en <https://www.juntadeandalucia.es/boja/1984/72/s1>
- BOJA 31/5/2000 en <https://www.juntadeandalucia.es/boja/2000/66/4>
- BOJA 17/03/2015 en <https://www.juntadeandalucia.es/boja/2015/60/1>
- BOJA 02/06/2015 en <https://www.juntadeandalucia.es/boja/2015/104/index.html>
- BOJA 19/06/2015 en <https://www.juntadeandalucia.es/boja/2015/118/index.html>
- Castillo, A (2016). El IDEAL. 'Hidroturismo', un concepto nuevo para relacionarnos con el medio ambiente. Consultado el 2 de mayo de 2020
http://www.conocetusfuentes.com/documentos/doc_201.pdf
- Deportes de aventura (proporciona información de actividades deportivas en España). Página de inicio. Consultada el 11 de mayo de 2020.
<https://www.deportesdeaventura.com/>
- IGME - Instituto Geológico y Minero de España. Consultado el 20 de agosto de 2020
<http://info.igme.es/catalogo/default.aspx>
- IGN - Instituto Geográfico Nacional. Consultado el 29 de abril de 2020
<https://www.ign.es/web/ign/portal>
- INE - Instituto Nacional de Estadística. Consultado el 27 de abril de 2020):
<https://www.ine.es/>
- Topographic-map.com (Página web con mapas topográficos). Consultado el 4 de mayo de 2020.
<https://es-es.topographic-map.com/>
- Torregrosa, A. El ideal (2000). El País sobre las fuentes de Berja. Consultado el 15 de mayo de 2020
https://elpais.com/diario/2000/12/15/andalucia/976836148_850215.html

-Universidad de Granada. Conoce tus fuentes. Consultado el 10 de mayo y el 29 de agosto.

<http://www.conocetusfuentes.com/home.php>

-SERBAL - Sociedad para el Estudio y Recuperación de la Biodiversidad Almeriense. Consultado el 17 de agosto de 2020.

<https://serbal-almeria.com/>

-SIGPAC - Sistema de identificación de parcelas agrícolas. Consultado el 7 de mayo, el 29 de julio y el 22 de agosto de 2020.

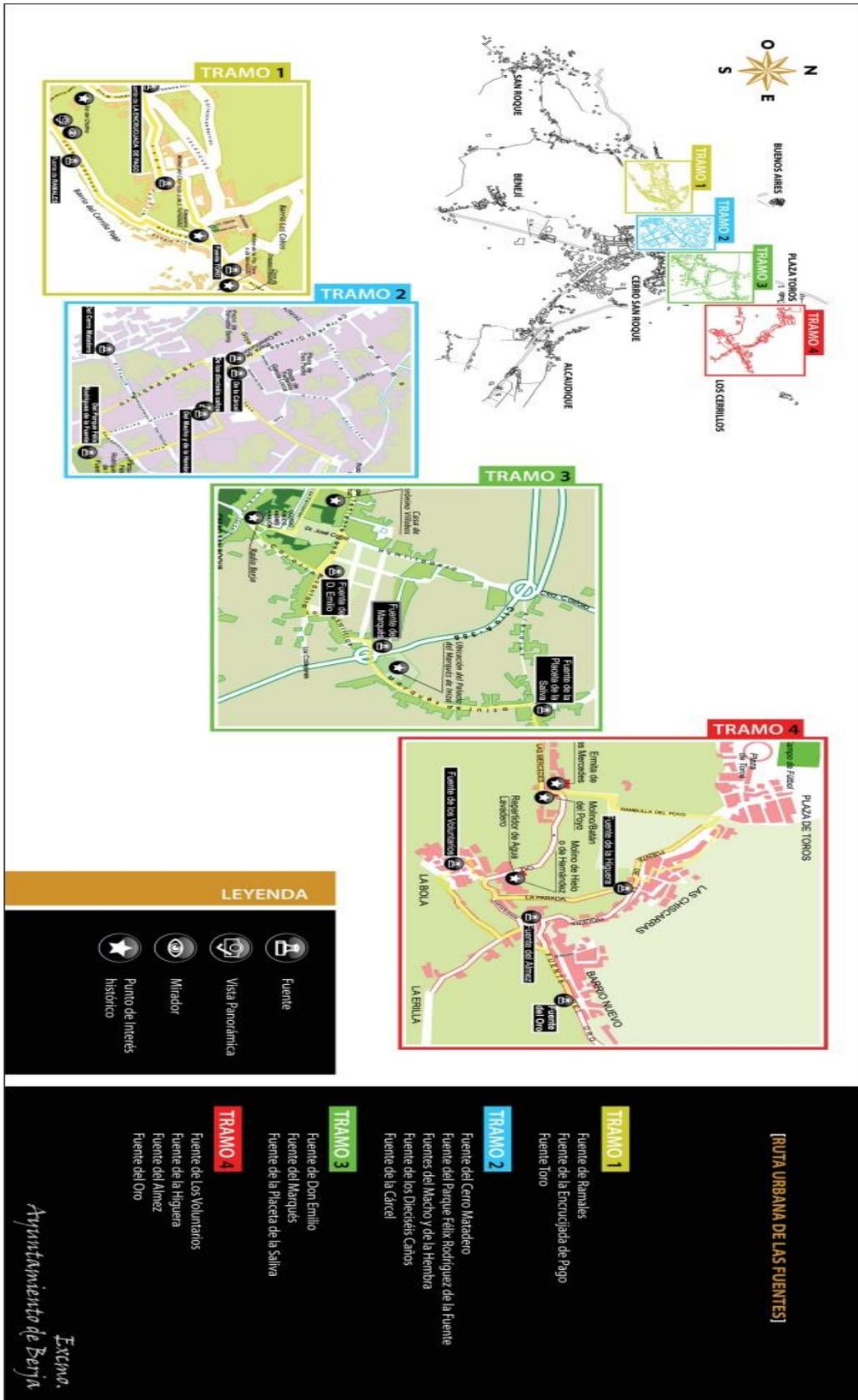
<http://sigpac.mapama.gob.es/fega/visor/>

-Zonas de vuelo. Página de inicio. Consultada el 6 de mayo de 2020

<https://www.zonasdevuelo.com/>

9-ANEXOS

9.1-ANEXO I: Ruta de las fuentes urbana



9.2-ANEXO II: Ruta de las fuentes extra urbana



9.3-ANEXO III: Tabla sobre los datos obtenidos en Díaz-Puga et al. (2010)

Núm	Núm	Posible	C. E.	T°	pH	Ca++	Mg++	Na+	K	Cl-	SO--4
1	1	Fuente de Alcaudique	570	21	7,33	63,2	37,4	12,2	1,4	14,0	96,3
2	2	Arroyo de Celín	315	18	7,93	36,9	19,9	2,2	5,9	10,0	10,7
3	3	Fuentes de Marbella (1)	2560	23	7,74	248,4	80,2	211,4	8,9	394,0	579,3
4	4	Ruescas (1)	1148	22	7,06	97,1	63,5	71,7	4,0	100,0	211,1
5	5	Buenos Aires ¿Macegu	724	19	6,89	89,9	48,0	10,1	2,3	11,0	170,5
6	6	Hilas	248	19	8,42	21,5	18,7	4,2	0,7	8,0	6,2
7	7	Rambla Sotomán	946	20	7,66	138,9	57,9	3,1	1,2	3,0	348,2
8	8	Fuente del Almez	493	18	7,62	72,7	34,4	3,2	0,7	4,0	142,0
9	9	Fuente del Oro	555	17	7,35	72,0	35,2	5,8	0,9	7,0	115,4
10	10	Rigualte	988	20	7,12	109,7	64,8	29,1	6,1	29,0	228,2
11	11	Rambla Castala Baja	775	18	7,28	91,6	48,3	13,1	3,0	22,0	160,2
12	12	Fuentes de Marbella (2)	1580	22	7,50	82,9	114,0	128,2	3,8	161,0	231,0
13	13	Nejite Sur	2730	34	7,60	258,5	93,9	282,8	11,7	398,0	588,0
14	14	Ruescas (2)	1223	22	6,98	94,7	70,4	66,0	5,1	128,0	204,6
19	15	La ermita	547	18	7,88	76,5	40,0	4,6	0,9	5,0	138,0
20	16	Dalias Este	302	15	7,64	35,1	19,9	1,7	0,4	5,0	12,1
21	17	Ruescas (3)	1141	21	7,76	83,9	65,9	92,0	3,8	134,0	213,0
22	18	La Tomillera (1)	471	21	7,79	54,6	33,9	14,3	1,4	15,0	66,0
23	19	La Tomillera (2)	553	21	7,92	60,1	37,4	17,9	1,6	23,0	84,0
24	20	Santa Muña	1134	19	7,37	149,3	90,0	25,3	2,8	27,0	300,0
25	*21	San Roque (1)	2210	18	6,99	212,1	189,5	345,0	8,2	112,0	666,9
26	*22	San Roque 2	1728	21	6,90	183,9	140,0	42,9	2,9	65,0	537,2
27	23	Maiscenteno	613	18	8,04	66,9	36,5	14,3	0,6	21,0	127,3
28	24	Balsa-Plata (1)	1432	21	7,37	144,6	127,2	19,4	4,6	34,0	482,4
29	25	Lavaderos	281	8	7,90	37,7	16,0	1,5	2,6	3,0	15,7
30	26	Lavaderos-El cerezo	349	14	7,85	37,6	23,8	4,2	0,4	6,0	65,5
31	27	Fuente de Castala	382	17	7,69	44,4	24,5	7,3	0,7	8,0	44,0
32	28	Castala barrio	372	16	8,06	44,1	23,8	7,9	0,5	7,0	34,8
33	29	Peñarrodada	1655	23	7,35	142,5	44,9	73,4	11,4	86,0	429,0
34	30	Cortijuelo	960	22	7,94	64,6	55,8	63,9	4,3	91,0	186,0
35	31	Balsa-Plata (2)	1427	22	7,10	131,2	88,6	76,5	3,7	121,0	338,7
36	32	Fuente de la Higuera	535	17	7,49	72,4	34,5	3,1	0,7	4,0	140,5
37	33	Sotomán	464	16	7,70	56,7	29,3	2,9	1,4	8,0	102,6
38	34	Rambla Alcaudie-Brij	975	20	7,12	115,0	59,8	16,2	2,1	24,0	252,0
39	35	Rambla Benej-Alcau	1263	20	7,29	142,8	83,6	32,0	2,9	38,0	375,0
40	36	Berja-Benej	980	20	7,43	106,7	58,9	23,2	4,8	26,0	237,0
41	37	Benej	938	20	7,33	99,2	54,3	24,1	6,4	29,0	213,0
42	38	Cementerio Dalias	329	20	7,83	30,2	21,5	7,8	1,0	9,0	21,0
43	39	Aljibe de la cruz	503	21	7,82	37,4	31,9	26,7	1,1	16,0	34,0
44	40	Chirán	847	18	7,19	73,8	63,4	33,6	1,9	43,0	118,2
45	41	Nejite Norte	2020	24	7,03	178,5	79,0	14,8	7,9	289,0	410,2

Núm	Núm	Posible	HCO-3	NO-3	As	Zn	Pb2+	F-	La OMS dice:
1	1	Fuente de Alcaudique	274,5	24,6	1,5	0,0225	0,0005	0,533	pH
2	2	Arroyo de Celín	225,7	4,4	0,9	0,0715	0,0030	0,085	Lo recomendable es que esté entre 6,5 y 9,5
3	3	Fuentes de Marbella (1)	305,0	5,0	10,8	0,0390	0,0007	0,280	Na+
4	4	Ruescas (1)	298,9	33,8	3,4	0,0121	0,0004	1,819	Lo ideal sería que fuera inferior a las 200 ppm
5	5	Buenos Aires ¿Macegu	347,7	21,9	1,6	0,0540	0,0024	1,555	Cl-
6	6	Hilas	143,4	7,5	0,7	0,0149	0,0005	0,033	Lo ideal sería que fuera inferior a las 250 ppm
7	7	Rambla Sotomán	219,6	0,1	3,9	0,0195	0,0005	2,425	SO--4
8	8	Fuente del Almez	231,8	4,6	2,3	0,0271	0,0056	1,425	No debe superar las 300 ppm
9	9	Fuente del Oro	250,1	5,2	2,2	0,0368	0,0054	1,465	NO-3
10	10	Rigualte	372,1	47,4	1,1	0,0367	0,0008	1,355	No debe superar las 50 ppm
11	11	Rambla Castala Baja	347,7	37,7	2,8	0,1252	0,0006	1,685	As
12	12	Fuentes de Marbella (2)	439,2	1,0	2,5	0,0170	0,0005	0,762	No debe superar las 0,01 ppm
13	13	Nejite Sur	335,5	1,0	2,5	0,0390	0,0005	1,625	Pb++
14	14	Ruescas (2)	323,3	52,9	5,4	0,0559	0,0005	1,885	No debe superar las 0,01 ppm
19	15	La ermita	225,7	1,0	9,0	0,0130	0,0005	2,235	F-
20	16	Dalias Este	201,3	3,3	3,2	0,0884	0,0005	0,210	No debe superar las 15 ppm.
21	17	Ruescas (3)	237,9	8,0	2,5	0,0160	0,0005	2,335	Zn
22	18	La Tomillera (1)	274,5	4,0	2,5	0,0190	0,0005	0,238	3 mg/l
23	19	La Tomillera (2)	274,5	6,0	2,5	0,0310	0,0010	0,208	
24	20	Santa Muña	433,1	19,0	2,5	0,0150	0,0005	0,707	
25	*21	San Roque (1)	481,9	207,0	1,7	0,0243	0,0006	1,355	
26	*22	San Roque 2	451,4	104,6	0,6	0,0243	0,0004	1,205	Para el resto no viene o no le da importancia.
27	23	Maiscenteno	231,8	12,0	4,4	0,1644	0,0044	1,355	Dice simplemente, que se hicieron recomendaciones por el sabor, y que de esta manera se dieron diferentes datos a lo largo de la historia.
28	24	Balsa-Plata (1)	402,6	84,5	1,3	0,0367	0,0013	1,635	Deciendo en algunos casos que era mejor no superar las 1500 ppm, otras veces las 1200 ppm y otras veces 1000 ppm. Finalmente se descartó.
29	25	Lavaderos	183,0	9,9	5,6	0,0566	0,0260	4,285	
30	26	Lavaderos-El cerezo	176,9	6,5	3,2	0,0146	0,0007	0,551	
31	27	Fuente de Castala	225,7	6,7	0,6	0,0503	0,0012	1,245	
32	28	Castala barrio	237,9	7,8	0,3	0,0273	0,0004	0,955	
33	29	Peñarrodada	463,6	14,0	2,5	0,1740	0,0540	1,685	
34	30	Cortijuelo	262,3	4,0	2,5	0,0090	0,0005	0,382	Todos están representados en ppm, salvo el As y el Pb++ que están en ppb
35	31	Balsa-Plata (2)	353,8	25,5	2,1	0,0970	0,0022	1,945	
36	32	Fuente de la Higuera	219,6	4,0	2,2	0,0301	0,0070	1,435	
37	33	Sotomán	231,8	5,5	1,9	0,0565	0,0002	0,615	
38	34	Rambla Alcaudie-Brij	366,0	8,0	0,6	0,0092	0,0003	0,950	
39	35	Rambla Benej-Alcau	378,2	11,0	0,3	0,0808	0,0003	1,540	
40	36	Berja-Benej	353,8	9,0	2,2	0,1052	0,0004	1,650	El color verde representa los datos que están dentro de los parámetros de la OMS.
41	37	Benej	353,8	9,0	0,9	0,0591	0,0006	1,370	
42	38	Cementerio Dalias	213,5	1,0	0,6	0,0191	0,0007	0,095	
43	39	Aljibe de la cruz	244,0	6,0	0,8	0,0157	0,0002	0,171	
44	40	Chirán	420,9	4,8	1,2	0,0199	0,0005	0,894	El color rojo representa los datos que exceden los parámetros de la OMS.
45	41	Nejite Norte	323,3	12,2	3,9	0,0293	0,0004	1,619	

9.4-ANEXO IV: Manantiales inventariados

Nº	NOMBRE	LOCALIZACIÓN
1	Fuente de El cerezo	Las Minas (El Cerezo)
2	Fuente de la Rambla	Castala (Se accede al pasar la ermita (privado) o por senderos (público))
3	Fuente de la Higuera	Los Cerrillos
4	Fuente del Almez Escrito	Los Cerrillos
5	Fuente del Oro	Los Cerrillos
6	Fuente de Hilas	Hilas/Mlar
7	Fuente del Cortijuelo	El Cortijuelo (Peñarrodada)
8	Fuente de Hirmes	Hirmes
9	Fuente de Alcaudique	Alcaudique
10	Fuente de Rigualte	Rigualte
11	Fuente del Cid	El Cid
12	Fuente de la Cañada de Roda	Benínar (Al pasar el pantano)
13	Fuente del Aguadero (a cauce)	Aguadero (San Roque, dirección a Río Chico)
14	Fuentes de Marbella (a cauce)	Fuentes de Marbella (Río Grande)
15	Fuente de los Lavaderos	Las Minas (Los lavaderos, debajo de las escombreras)
16	Fuente del Rincón	Chirán
17	Fuente del Chorrillo	El Cid
18	Fuente de la Maciguilla	Entre Buenos Aires y El Cid
19	Fuente de Písnela	Písnela (La ermita)
20	Fuente de las Viñuelas	Benínar (¿antes de llegar al Pantano?)
21	Fuente del Cortijo del Canónigo	Benínar
22	Fuente Felipe	Benínar
23	Fuente del Barranco de la Victoria	Cintas (entre Benínar y Berja)
24	Fuente de la Veguilla de Cintas II	Cintas (entre Benínar y Berja)
25	Fuente del Cortijo León	Rigualte
26	Fuente de las Quintillas I	Quintillas (Entre Benejí y Balanegra)
27	Fuente de las Quintillas II	Quintillas (Entre Benejí y Balanegra)
28	Fuente de la Adelfa	Río Grande. En las Fuentes de Marbella, subiendo la rambla dirección Turón
29	Fuente de la Alberca Honda	Salobra
30	Fuente de la Casería (a cauce)	Salobra (Río Grande)
31	Fuente de la Chafina	Salobra (Río Grande)
32	Fuente Cataluña	Salobra (Río Grande)
33	Galería Morales	Las Minas (Galería Morales)
34	Fuente de Chirán	Chirán
35	Fuente de Las Almagreras	Las Almagreras (al norte de El Cid)
36	Fuente de las Arquilleras	Písnela (La ermita)
37	Pozo artesiano de Písnela	Písnela (La ermita)
38	Fuente del Cortijo de Cintas	Cintas (entre Benínar y Berja)
39	Fuente de la Veguilla de Cintas I	Cintas (entre Benínar y Berja)
40	Fuente del Cortijuelo de Benínar	Benínar (entre Benínar e Hirmes)
41	Fuente Písnela	Benínar (entre Benínar e Hirmes)
42	Fuente del Cortijo de Faura	Paraje del cortijo de Faura (cerca de Cintas)
43	Galería de Maiscenteno	Los Cerrillos
44	Fuente del Cortijo del Registrador	Rigualte
45	Fuente de los Manzanos	Salobra (Río Grande)

Negro: Fuentes públicas, de fácil acceso, conocidas y seleccionadas para el catálogo.

Verde: Fuentes públicas, de difícil acceso y seleccionadas para el catálogo.

Naranja: Fuentes públicas, de difícil acceso, pero no seleccionadas para el catálogo.

Rojo: Fuente de propiedad privada (de fácil o difícil acceso)

9.5-ANEXO V: Fuentes arquitectónicas.

FUENTES ARQUITECTÓNICAS		
46	Fuente del Santo	Castala (al lado de la iglesia)
47	Fuente de Castala Barrio Alto	Castala (Barrio Alto)
48	Fuente de Castala Barrio Bajo	Castala (Barrio Bajo)
49	Fuentes del Parque Periurbano de Castala	Castala (Parque Periurbano)
50	Fuente de Peñarrodada	Peñarrodada
51	Fuente de la Ermita de la Virgen de Gádor	Pisnela (La ermita)
52	Fuente de los Voluntarios	Los Cerrillos (La Bola)
53	Fuente de la Saliva	Los Cerrillos
54	Fuentes del Marqués de Iniza	Berja (Las Currillas)
55	Fuente de la Cárcel	Berja (en el lateral del ayuntamiento)
56	Fuente de los Dieciseis caños	Berja (Centro)
57	Fuente del Macho y de la Hembra	Berja
58	Fuente del Cerro Matadero (o del Teatro)	Berja (Cerro Matadero)
59	Fuente del Parque	Berja (al lado del Parque Félix)
60	Fuente del Festival de la Alpujarra 1989	Berja (Al lado del IES Sierra de Gádor)
61	Fuente "del Mercadona"	Berja (en frente del mercadona y de la gasolinera)
62	Fuente Toro	Berja (Fuente Toro)
63	Fuente Encrucijada de Pago	Berja/Pago
64	Fuente del Cerrillo Pago	Berja/Pago (Cerrillo Pago)
65	Fuente de la Calle Pago	Berja/Pago (Calle Pago)
66	Fuente de Benejí	Benejí
67	Fuente del Llanete	Rigualte (El Llanete)
68	Fuente de la Salud	San Roque
69	Fuente de la Unión	Barriada de la Unión.
FUENTES URBANAS MENORES		
U	Dispersas por el municipio (al lado de la fuente de los 16 caños, en la Calerilla, en San Roque, etc.)	
FUENTES ARQUITECTÓNICAS DESAPARECIDAS (que al menos yo tenga conocimiento)		
A	Fuente de Don Emilio	Berja (cerca del Teatro) (Se quitó ya en el siglo XXI)
B	Fuente del Paseo del Siglo	Berja (Paseo de Cervantes) (Se quitó ya en el siglo XXI)
C	Fuente del Perrillo	Berja (haciendo esquina del edificio del Molino del Perrillo) (Se quitó en la década de los años 20 del siglo XX)
D	Fuente del Parque Félix	Berja (dentro del Parque Félix) (Se quitó ya en el siglo XXI)
E	Fuente del Parque de los Cobos I	Berja (Inicio de Pago) (Se quitó ya en el siglo XXI)
F	Fuente del Parque de los Cobos II	Berja (Inicio de Pago) (Se quitó ya en el siglo XXI)
G	Faltan	Falta