

UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA

ESCOLA TÈCNICA SUPERIOR D'ENGINYERIA AGRONÒMICA I DEL MEDI NATURAL



CALIDAD FÍSICO-QUÍMICA DEL AGUA EN LOS MANANTIALES DE LOS TÉRMINOS MUNICIPALES DE BENAFAER, CAUDIEL Y VIVER (CASTELLÓN)

**TRABAJO FIN DE GRADO EN INGENIERÍA FORESTAL
Y DEL MEDIO NATURAL**

ALUMNA: VANESA PIQUERAS URBAN

TUTOR: ANTONIO LUIS LIDÓN CEREZUELA

CURSO ACADÉMICO: 2014-2015

Valencia, Septiembre de 2015

Tipo Licencia



RESUMEN

CALIDAD FÍSICO-QUÍMICA DEL AGUA EN LOS MANANTIALES DE LOS TÉRMINOS MUNICIPALES DE BENAHER, CAUDIEL Y VIVER (CASTELLÓN)

El agua es un recurso imprescindible para la vida y, por tanto, es necesario preservar su calidad. Si bien la mayoría de los problemas relacionados con la salud derivan de la contaminación microbiológica del agua de consumo, existen algunos problemas derivados de la contaminación química. En muchas localidades es habitual que existan manantiales o puntos de agua asociados a las aguas subterráneas, cuya gestión es más compleja por la dificultad de control al existir numerosos puntos de toma, siendo conveniente, por tanto, conocer su calidad, ya que suelen servir como puntos de abastecimiento. Aunque la calidad va asociada, en parte, al tipo de acuífero y características del mismo, los usos cercanos del suelo, pueden modificar sus propiedades originales.

Si bien el IGME proporciona valiosa información de los parámetros físicos, no siempre esta información va acompañada de los correspondientes parámetros químicos del agua. En este trabajo se presenta un catálogo de los manantiales o fuentes de los términos de Benafer, Caudiel y Viver, en la provincia de Castellón, en el que se ha elaborado una ficha de cada uno de ellos con la información disponible en los diferentes organismos públicos (IGME, etc.) sobre sus características hidrogeológicas, completada con algunos de los principales parámetros físico - químicos. Para ello, una vez identificados los diferentes manantiales o fuentes, se tomaron muestras y se analizaron en el laboratorio algunas de las principales características químicas (pH, conductividad, carbonatos, bicarbonatos, cloruros, nitratos, amonio...). La toma de muestras se realizó al final del invierno, en primavera y al comienzo del verano, para evaluar la posible variación estacional de los parámetros analizados. Se tienen en cuenta también los diferentes usos del suelo en las proximidades de los puntos de agua seleccionados.

PALABRAS CLAVE: Manantiales, fuentes, calidad agua, Alto Palancia, agua subterránea.

AUTORA: Vanesa Piqueras Urban

LOCALIDAD Y FECHA: Valencia, septiembre 2015

TUTOR: Antonio Luis Lidón Cerezuela

SUMMARY

THE WATER QUALITY AND PHYSICAL CHEMISTRY OF SPRINGS IN THE SETTLEMENTS OF BENAFAER, CAUDIEL AND VIVER IN CASTELLÓN, EASTERN SPAIN

Water is a resource essential to life and its quality must be maintained and monitored. Most threats to drinking water are caused by microbiological contamination but chemical contamination can also present problems. Many villages in Castellón province have sources or water points associated with groundwater, frequently with multiple points of water output and this makes their management more complex. It is important to verify their quality because they often supply the local population. Water quality is related in part to soil type and characteristics, but nearby land use can also modify their original properties.

The Geological Survey of Spain (*Instituto Geológico y Minero de España, IGME*) provides valuable information on the physical parameters, but this information is not always accompanied by the relevant chemical parameters. This document presents a catalogue of sources or springs in the municipalities of Benafer, Caudiel and Viver in the province of Castellón in Eastern Spain, with a data sheet for each water point. Each sheet contains hydrogeological information made available by various public bodies (IGME, etc) supplemented by the main physical and chemical parameters. Once the various springs or sources were identified, samples were taken and analysed in the laboratory for key chemical characteristics (pH, conductivity, carbonates, bicarbonates, chlorides, nitrates, ammonium etc). Sampling was conducted in late winter, spring and early summer in order to investigate seasonal variations in the parameters. Land use in the vicinity of selected water points was also taken into account.

KEYWORDS: Springs, sources, quality, Alto Palancia, groundwater.

AUTHOR: Vanesa Piqueras Urban

LOCATION AND DATE: Valencia, September 2015

TUTOR: Antonio Luis Lidón Cerezuela

RESUM

QUALITAT FÍSICO-QUÍMICA DE L'AIGUA EN ELS BROLLADORS DELS TERMES MUNICIPALS DE BENAFER, CAUDIEL I VIVER (CASTELLÓ)

L'aigua és un recurs imprescindible per a la vida i, per tant, cal preservar la seua qualitat. Si bé la majoria dels problemes relacionats amb la salut deriven de la contaminació microbiològica de l'aigua de consum, hi ha alguns problemes derivats de la contaminació química. En moltes localitats és habitual que existisquen brolladors o punts d'aigua associats a les aigües subterrànies, la gestió de les quals és més complexa per la dificultat de control, al existir nombrosos punts de presa, sent convenient, per tant, conèixer la seua qualitat, ja que solen servir com a punts d'abastiment. Encara que la qualitat va associada, en part, al tipus d'aqüífer i característiques del mateix, els usos pròxims del sòl poden modificar les seves propietats originals.

Si bé l'IGME proporciona valuosa informació dels paràmetres físics, no sempre esta informació va acompanyada dels corresponents paràmetres químics de l'aigua. En este treball es presenta un catàleg dels brolladors o fonts dels termes de Benafar, Caudiel i Viver, en la província de Castelló, en el qual s'ha elaborat una fitxa de cada un d'ells amb la informació disponible en els diferents organismes públics (IGME, etc.) sobre les seves característiques hidrogeològiques, completada amb alguns dels principals paràmetres físico - químics. Per a això, una vegada identificats els diferents brolladors o fonts, es van prendre mostres i es van analitzar en el laboratori algunes de les principals característiques químiques (pH, conductivitat, carbonats, bicarbonats, clorurs, nitrats, amoni...). La presa de mostres es va realitzar al final de l'hivern, a la primavera i al començament de l'estiu, per a avaluar la possible variació estacional dels paràmetres analitzats. Es tenen en compte també els diferents usos del sòl en les proximitats dels punts d'aigua seleccionats.

PARAULES CLAU: Brolladors, fonts, qualitat aigua, Alt Palancia, aigua subterrània.

AUTORA: Vanesa Piqueras Urban

LOCALITAT I DATA: València, Setembre 2015

TUTOR: Antonio Luis Lidón Cerezuela

AGRADECIMIENTOS

A mi familia, en especial a mi madre, persona a la que admiro, y a mis abuelos, por transmitirme los valores responsables del esfuerzo y dedicación requeridos para poder superar objetivos como el que hoy concluye.

A Pablo, por su alegría y por su paciencia, por su cariño y por el bienestar que me genera, por ser mi energía y por impulsarme cuando lo necesito.

A Patri, por aguantarme, por entenderme, por sus buenos consejos y por compartir conmigo los buenos momentos.

A mi tío, por transferirme sus conocimientos y por enseñarme a conocer y valorar el entorno forestal.

A mi hermano, por saber hacerme reír y por amenizar mis las tardes de estudio. Agradezco mucho la colaboración, la dedicación, el tiempo empleado, y el apoyo recibido por Antonio Lidón, director que me ha guiado en este trabajo.

También quiero agradecer a Joana su esmero y atención hacia mí en el laboratorio.

ÍNDICE

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1. IMPORTANCIA DEL RECURSO AGUA	1
1.2. ORGANISMOS RESPONSABLES DE LA CALIDAD DEL AGUA	22
1.3. LOCALIZACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO	3
1.4. CONTROL DE LA CALIDAD DE LAS AGUAS SUBTERRÁNEAS Y COMPETENCIA DE USO	4
1.4.1. DESCRIPCIÓN SOCIOECONÓMICA E IMPORTANCIA DE LOS USOS DEL AGUA EN EL ÁREA DE ESTUDIO.....	5
1.4.2. USOS DEL AGUA	5
1.4.2.1. ABASTECIMIENTO DE NÚCLEOS URBANOS.....	5
1.4.2.2. AGRÍCOLA	6
1.4.2.3. TURÍSTICO Y DE MANTENIMIENTO DEL EQUILIBRIO DEL ECOSISTEMA.....	6
1.5. ANTECEDENTES Y JUSTIFICACIÓN DEL TRABAJO	7
2. OBJETIVOS.....	8
3. MATERIAL Y MÉTODOS	9
3.1. DESCRIPCIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO	9
3.1.1. CARACTERÍSTICAS HIDROGEOLÓGICAS.....	9
3.1.1.1. SISTEMA DE EXPLOTACIÓN.....	9
3.1.1.2. UNIDADE HIDROGEOLÓGICA	9
3.1.1.3. SUBCUENCA HIDROGRÁFICA Y MASA DE AGUA SUBTERRÁNEA ...	9
3.1.1.4. RED DE DRENAJE DE AGUAS SUPERFICIALES.....	9
3.1.2. LITOLOGÍA	10
3.1.3. FISIOGRAFÍA	10
3.1.4. CLIMA.....	10
3.1.5. VEGETACION	11
3.1.6. FAUNA	11
3.2 LOCALIZACIÓN DE LOS PUNTOS DE MUESTREO	12
3.3. MUESTREO Y ANÁLISIS REALIZADOS	13
3.4. CRITERIOS DE EVALUACION DE LOS PARÁMETROS.....	13
3.5 ELABORACIÓN DE LAS FICHAS DE LAS FUENTES	14
4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	15
4.1 FICHAS DE LOS PUNTOS DE MUESTREO (FUENTES)	15
4.2 ANÁLISIS COMPARATIVO ENTRE MANANTIALES	31
4.3 CALIDAD DEL AGUA.....	33
4.4 CARACTERÍSTICAS COMUNES EN LOS MANANTIALES.....	36
5. CONCLUSIONES.....	38
6. BIBLIOGRAFÍA.....	39
ANEJO 1.....	42
ANEJO 2.....	48

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 1. CARACTERIZACIÓN DE LOS MANANTIALES. FUENTE: IGME, 2015	12
--	----

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1. COMARCAS DE LA COMUNIDAD VALENCIANA.FUENTE: DTV, 2013	3
FIGURA 2. TÉRMINOS MUNICIPALES DEL ALTO PALANCIA. FUENTE: AP, 2014	3
FIGURA 3. MASA DE AGUA JÉRICA EN LOS TÉRMINOS MUNICIPALES DE VIVER, BENAFAER Y CAUDIEL. FUENTE: CHJ, 2009a	4
FIGURA 4. CUENCA DEL RÍO PALANCIA.FUENTE: CHJ, 2009b	9
FIGURA 5. SUMARIO DE CLASIFICACIÓN DE RIVAS-MARTÍNEZ. FUENTE: WBCS, 2015.....	10
FIGURA 6. DIAGRAMA OMBROTÉRMICO. FUENTE: WBSC, 2015.....	10
FIGURA 7. CUADRO DE DATOS CLIMÁTICOS. FUENTE: SISTEMA DE CLASIFICACIÓN BIOCLIMÁTICA MUNDIAL. CENTRO DE INVESTIGACIONES FITOSOCIOLÓGICAS (WBCS, 2015).....	11
FIGURA 8. SITUACIÓN DE LOS MANANTIALES SUBTERRÁNEOS SELECCIONADOS EN BENAFAER, VIVER Y CAUDIEL CONTENIDOS EN LA MASA DE AGUA SUBTERRÁNEA JÉRICA. FUENTE: ADAPTADO DE CHJ, 2009a.....	12

ÍNDICE DE FICHAS

FICHA 1. FUENSANTILLA	16
FICHA 2. FUENSANTA.....	17
FICHA 3. AGADÍN	18
FICHA 4. SAN JUANA	19
FICHA 5. LA HEREDAD.....	20
FICHA 6. SANTA ÚRSULA.....	21
FICHA 7. LOS NOGALES.....	22
FICHA 8. RAGUDO	23
FICHA 9. LA FRANQUEZA.....	24
FICHA 10. LOS OJOS DEL PRADO	25
FICHA 11. ALIAGA.....	26
FICHA 12. LA TEJERÍA	27
FICHA 13. SAN MIGUEL	28
FICHA 14. LA CHANA	29
FICHA 15. EL PONTÓN.....	30

ÍNDICE DE ANEJOS

ANEJO 1. CARTOGRAFÍA

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 9. SITUACIÓN DEL ESTADO GLOBAL DE LAS MASAS DE AGUA SUBTERRÁNEA. FUENTE: ADAPTADO DE CHJ, 2009.....	42
FIGURA 10. MAPA OCUPACIÓN DEL SUELO. ADAPTADO ZONA DE ESTUDIO. FUENTE: CONSELLERIA D'INFRASTRUCTURES I MEDI AMBIENT (CITMA, 2012).....	42
FIGURA11. MAPA ESPACIOS NATURALES PROTEGIDOS. ADAPTADO ZONA DE ESTUDIO FUENTE: CITMA, 2012.....	43
FIGURA12. MAPA SISTEMA DE EXPLOTACIÓN PALANCIA-LOS VALLES. ADAPTADO ZONA DE ESTUDIO. FUENTE: CHJ, 2007.....	43
FIGURA 13. MAPA TIPOLOGÍA DE RELACIÓN RÍO-ACUÍFERO EN EL SISTEMA DE EXPLOTACIÓN PALANCIA – LOS VALLES. FUENTE: CHJ, 2007.....	44
FIGURA14. MAPA UNIDAD HIDROGEOLÓGICA nº 14. FUENTE: RECURSOS SUBTERRÁNEOS. (RS, 2015).....	44
FIGURA 15. MAPA DE LITOLOGÍA. ADAPTADO A ZONA DE ESTUDIO. FUENTE: CITMA, 2012.....	45
FIGURA 16. MAPA FISIOGRAFÍA. ADAPTADO A LA ZONA DE ESTUDIO. FUENTE: CITMA, 2012.....	45
FIGURA 17. MODELO DIGITAL DE ELEVACIONES. ADAPTADO A ZONA DE ESTUDIO. FUENTE: ANTHOS, 2012 a.....	46
FIGURA 18. MAPA INVENTARIO FORESTAL. ADAPTADO A LA ZONA DE ESTUDIO. FUENTE: CITMA, 2012.....	46
FIGURA 19. MAPA DE VEGETECIÓN CON ESCALA DE CAPA 1.250.000. FUENTE: ANTHOS, 2012 a.....	47
FIGURA 20. MAPA DE ECOSISTEMAS FORESTALES. FUENTE: CITMA, 2012.....	47

ANEJO 2. ASPECTOS RELATIVOS A LA REALIZACIÓN DE LAS FICHAS

PARTE 1: LÍMITES CONSIDERADOS

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 21. FÓRMULA USADA PARA EL CÁLCULO DEL VALOR RAS. FUENTE: CHJ, 1997.....	49
---	----

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 2. CONDICIONES DE REFERENCIA EN MASAS SUBTERRÁNEAS. NORMA AMBIENTAL EN LA EVALUACIÓN DEL ESTADO QUÍMICO DE LAS MASAS DE AGUA SUBTERRÁNEAS. FUENTE: R.D. 1514/2009. ANEJO I.....	48
TABLA 3. PARÁMETROS DE REFERENCIA USADOS PARA LA REALIZACIÓN DE LAS FICHAS. FUENTE: R.D. 140/2003.....	48
TABLA 4. ASPECTOS RELATIVOS A LA ACEPTABILIDAD PARA CONSUMO HUMANO. FUENTE: OMS, 2008.....	48
TABLA 5. TIPOS DE DUREZA DE AGUA Y FÓRMULA DE CÁLCULO. FUENTE: FACSA, 2009.....	48
TABLA 6. TIPOS DE CALIDAD DE AGUA PARA RIEGO. FUENTE: CHJ, 1997.....	49
TABLA 7. CUADRO QUE FIJA LA CONCENTRACIÓN PARA CADA PARÁMETRO DE CARA A LA CLASIFICACIÓN TIPO DE CALIDAD PARA RIEGO. FUENTE: CHJ, 1997.....	49
TABLA 8. A LA IZQUIERDA RANGO DE CONDUCTIVIDAD Y SU CALIDAD Y A LA DERECHA RANGO Y SU VALOR SAR (SPECIFIC ABSORPTION RATE). FUENTE: CHJ, 1997.....	49
TABLA 9. RANGOS DE CONCENTRACIONES MEDIAS DE NITRATO QUE SE ESTABLECEN EN EL PLAN HIDROLÓGICO DE LA CHJ. FUENTE: CHJ,2007.....	49
TABLA 10. TABLA GRADO DE MINERALIZACIÓN EN FUNCIÓN DE LA CONDUCTIVIDAD. FUENTE: CONFEDERACIÓN HIDROGRÁFICA DEL SEGURA. CHS, 2007.....	50
TABLA 1. VALOR DEL INDICADOR OXÍGENO DISUELTO LIMITANTE PARA LA FAUNA ACUÁTICA. FUENTE: LLORCA Y BAUTISTA, 2006.....	50

PARTE 2: CARTOGRAFÍA

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 22. CAPA CORRESPONDIENTE A LA LITOLOGÍA DE LA ZONA DE ESTUDIO A E: 1:1.000.000. FUENTE: IGME, 2015.....	51
FIGURA 23. CAPA CORRESPONDIENTE A LA LITOESTRATIGRÁFICA DE LA ZONA DE ESTUDIO A E: 1.200.000. FUENTE: IGME, 2015.....	52
FIGURA 24. CAPA CORRESPONDIENTE A LA GEOLOGÍA DE LA ZONA DE ESTUDIO A E: 1.50.000. FUENTE: IGME, 2015.....	53
FIGURA 25. CAPA CORRESPONDIENTE AL MATERIAL ARCILLOSO DE LA ZONA DE ESTUDIO A E: 1.1.000.000. FUENTE: IGME, 2015....	54
FIGURA 26. CAPA CORRESPONDIENTE A LA HIDROGEOLOGÍA DE LA ZONA DE ESTUDIO A E: 1.1.000.000. FUENTE: IGME, 2015.....	55
FIGURA 27. CAPA CORRESPONDIENTE A LA PERMEABILIDAD DE LA ZONA DE ESTUDIO A E: 1.200.200. FUENTE: IGME, 2015.....	56
FIGURA 28. CAPA CORRESPONDIENTE A LA HIDROGEOLOGÍA DE LA ZONA DE ESTUDIO A E: 1.200.000. FUENTE: IGME, 2015.....	57

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 12. LEYENDA LITOLOGÍA. FUENTE: IGME, 2015.....	51
TABLA 13. LEYENDA LITOESTRATIGRÁFICO. FUENTE: IGME, 2015.....	52
TABLA 14. LEYENDA GEOLÓGICO. FUENTE: IGME, 2015.....	53
TABLA 25. LEYENDA DE CAPA DE MATERIAL ARCILLOSO. FUENTE: IGME, 2015.....	54
TABLA 16. LEYENDA DE CAPA HIDROLOGÍA. FUENTE: IGME, 2015.....	55
TABLA 17. LEYENDA DE CAPA PERMEABILIDAD. FUENTE: IGME, 2015.....	56
TABLA 38. LEYENDA DE CAPA HIDROGEOLOGÍA. FUENTE: IGME, 2015.....	57

ACRÓNIMOS UTILIZADOS:

ACRÓNIMO	SIGNIFICADO
CE _{20°C}	CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA A 20º C
RAS	RELACIÓN DE ADSORCIÓN DE SODIO
msnm	METROS SOBRE NIVEL DEL MAR
σ	DESVIACIÓN TÍPICA
C.V.	COEFICIENTE DE VARIACIÓN
CHJ	CONFEDERACIÓN HIDROGRÁFICA DEL JÚCAR
IGME	INSTITUTO GEOLÓGICO Y MINERO DE ESPAÑA

INTRODUCCIÓN

1. INTRODUCCIÓN

1.1. IMPORTANCIA DEL RECURSO AGUA

“El agua es la fuerza motriz de toda la naturaleza”

- Leonardo Da Vinci -

Con esta frase resumió el ilustre polímata la importancia de este elemento. El *agua*, es componente de la naturaleza, bien de primera necesidad para los seres vivos, elemento natural que configura los sistemas medioambientales, e imprescindible para el equilibrio y para la vida en el planeta por ser el vector que desarrolla los procesos biológicos. Instrumento estratégico de sustento y crecimiento económico a través de su uso en agricultura, pesca, producción de energía, turismo e industria y a la vez, origen de conflictos geopolíticos. Esencial en la regulación del clima así como elemento clave para la salud y la calidad de vida.

Los ecosistemas saludables proporcionan unos servicios hídricos que poseen un valor enorme para la sociedad gracias al control de inundaciones, el reabastecimiento de las aguas del subsuelo, la estabilización de las orillas de los ríos, la protección contra la erosión, la purificación del agua y la conservación de la biodiversidad. Es un ingrediente limitado en un planeta en el que la contaminación y la sobreexplotación reducen sus infinitas capacidades amenazando el ciclo de la vida. Sin embargo, los escenarios previstos para un futuro próximo no se acercan a la imagen objetivo para un mundo equilibrado, renovable y sostenible.

Las aguas subterráneas abastecen de agua potable por lo menos al 50% de toda la población mundial, y representan el 43% de toda el agua utilizada para riego. A nivel mundial, 2500 millones de personas dependen exclusivamente de los recursos de aguas subterráneas para satisfacer sus necesidades básicas diarias de agua. Según indica WWAP (2015), se prevé que en 2030 el mundo tendrá que enfrentarse a un déficit mundial del 40% de agua en un escenario climático en que todo sigue igual. Se estima que el 20% de los acuíferos mundiales están siendo sobreexplotados, lo que acarreará graves consecuencias como la intrusión marina. La población mundial crece a un ritmo de 80 millones de personas al año, por lo que el incremento demográfico, la urbanización, la industrialización, el aumento de la producción y el consumo generan una demanda de agua dulce cada vez mayor. El sector agrícola representa el 70% de todas las extracciones de agua dulce, pero el uso poco eficiente del agua en el sector agrícola agota los acuíferos, reduce el caudal de los ríos, degrada los hábitats de vida silvestre y ha provocado la salinización del 20% de la superficie mundial de tierras de regadío. La disponibilidad de agua se enfrenta además a las presiones de la contaminación.

A nivel nacional, el *Libro Blanco del Agua en España* (MAAMM, 1998), aporta datos sobre su consumo, explotación y contaminación señalando que *“actualmente en España, se explotan unos 5500 hm³/año de agua subterránea, con los que se atiende el 30% de los abastecimientos urbanos e industriales y el 27% de la superficie de riego”*; en él se destacan las cuencas del Júcar y Guadiana por el mayor uso de este recurso subterráneo. También subraya que, en muchas de ellas, las extracciones son, en valor medio, superiores a la recarga natural y en otras, la relación bombeo - recarga, alcanza valores elevados. Cita también, que la Comisión Nacional del Clima prevé un escenario climático en el que los problemas de escasez hídrica se agravan, y que *“la correcta explotación debe basarse, en la utilización de los recursos renovables, evitando la sobreexplotación”*.

En cuanto a la condición de las aguas, se menciona que *“los acuíferos están experimentando una creciente amenaza de contaminación, causada por el desarrollo industrial, las actividades agrícolas y mineras mal gestionadas”*. Y que esta contaminación es debida fundamentalmente a nitratos, metales pesados, compuestos orgánicos y salinización.

Ante estas circunstancias, de creciente presión por el continuo crecimiento de la demanda de agua, de su calidad y del innegable deterioro del preciado bien, se hace imprescindible plantearse si las medidas de protección son suficientes y garantizan la sostenibilidad. La protección de las aguas subterráneas en

la Unión Europea es una prioridad en la política medioambiental por ciertas razones: (i) constituyen el caudal base de muchos ríos por lo que puede influir en la calidad de las aguas de superficie, (ii) sirven de tampón en los periodos secos, y (iii) son fundamentales para la conservación de humedales (UE, 2006). Cuando se contaminan, es más complicado devolverles su calidad inicial, pudiéndose prolongar esta situación durante décadas. Su uso para abastecimiento de agua potable, industria y agricultura es elevado por lo que esta exposición puede poner en peligro la salud humana y el correcto desarrollo de las actividades.

1.2. ORGANISMOS RESPONSABLES DE LA CALIDAD DEL AGUA

En el marco legislativo de aguas continentales y costas se encuentra la Directiva 2000/60 CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 23 de octubre de 2000, por la que establece un marco comunitario de actuación en el ámbito de la política de aguas (UE, 2000). La Directiva Marco del Agua, tiene como objetivo último, conseguir un buen estado de las aguas, entendiendo como buen estado para las aguas subterráneas, un buen estado químico a la vez que cuantitativo.

Para medir dichos estados, se dispone de las Redes de seguimiento y Control de las Aguas Subterráneas. Años atrás, en los setenta, el *Instituto Geológico y Minero de España* (IGME) comenzó a registrar medidas de nivel y calidad de agua subterránea. Una década después, la *Dirección General de Obras Hidráulicas y Calidad de las Aguas*, la actual *Dirección General del Agua* (DGA) diseñó una red de control de las aguas subterráneas. El IGME las vigiló hasta 2001, a partir de aquí, esa gestión pasó a la DGA y Organismos de cuenca (MAAMA, 2015a). Los organismos de cuenca, con la denominación de Confederaciones Hidrográficas y definidas por la Ley de Aguas como entidades de Derecho público con personalidad jurídica propia y distinta de la del Estado, adscritas a efectos administrativos al actual Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente (MAAMA) y con plena autonomía funcional, se les atribuye entre otras, la definición de objetivos y programas de calidad de las aguas, realización de aforos, estudios hidrológicos, control de calidad de las aguas. (MAAMA, 2015 b). Para llevar a cabo este servicio, las Confederaciones Hidrográficas cuentan con el sistema automático de información de calidad de las aguas (SAICA). Se trata de una herramienta que suministra datos de parámetros de calidad de agua como pH, metales pesados o nitratos de las estaciones situadas en los puntos de la red fluvial y en los pozos representativos de los principales acuíferos. De esta forma, la información obtenida nutre las oportunas bases de datos (MAAMA, 2015 c).

En el caso concreto de aguas subterráneas, la Confederación Hidrográfica del Júcar evalúa esta calidad mediante las *Redes de medida de Control de la Calidad: Intrusión marina y Red de Control de Aguas Subterráneas, que permiten* el seguimiento del estado ecológico, químico y cuantitativo que establece la *Directiva Marco del agua* para conseguir un buen estado de las masas (CHJ, 2010).

La red de seguimiento y control del estado químico está adaptada a dos programas básicos de control: el de vigilancia y el operativo. El primero se efectúa en todas las masas de agua subterránea para conocer el impacto y evaluar su tendencia. Los parámetros básicos objeto de control, en cumplimiento de la Directiva 2000/60/CE, son oxígeno disuelto, pH, conductividad, nitratos y nitritos. Además incluye otros como mercurio o sodio. En cuanto al control operativo, solo se realiza en las masas identificadas en riesgo de no alcanzar el buen estado químico en 2015. Su objetivo es, además de determinar el estado químico de las masas en riesgo, detectar las tendencias al aumento de las concentraciones de cualquier contaminante. Los parámetros a analizar en el control operativo incluyen aquellos contaminantes cuya presencia ha ocasionado que la masa de agua subterránea se haya declarado en riesgo y, más concretamente, los reseñados en el Anexo V 2.3 de la *Directiva 2000/60/CE* y en los artículos 3 y 4 de la *Directiva 2006/118/CE*. (CHJ, 2013). Además, el *Centro de Estudios Hidrográficos del CEDEX* (CEH-CEDEX), asiste y colabora con las Administraciones responsables de la gestión de los recursos hídricos (*Ministerio de Medio Ambiente y la Dirección General del Agua*), junto con las Confederaciones Hidrográficas (CEDEX, 2015 a).

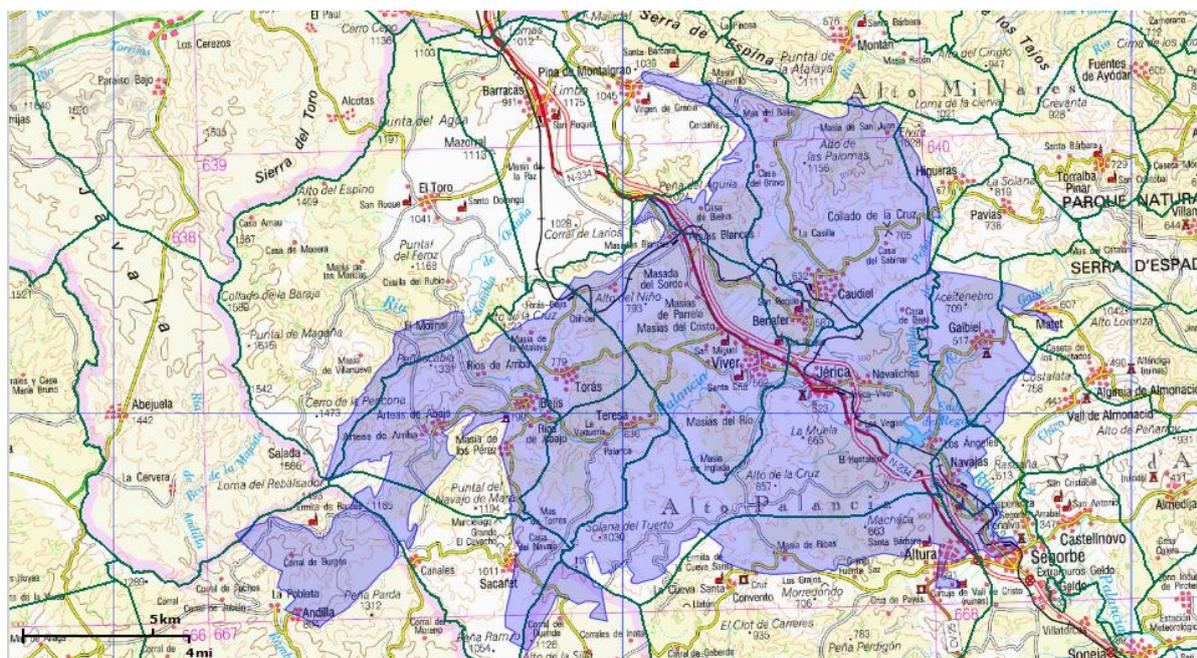


FIGURA 1. MASA DE AGUA SUBTERRÁNEA JÉRICA EN LOS TÉRMINOS MUNICIPALES DE VIVER, BENAFER Y CAUDIEL (CHJ, 2009 a).

1.4. CONTROL DE CALIDAD DE LAS AGUAS SUBTERRÁNEAS Y COMPETENCIA DE USO

Por lo que respecta al estado químico del agua subterránea en la Comunidad Valenciana, según el Anejo XII de la Memoria del Plan Hidrológico 2009-2015 de la CHJ: “Se considera que una masa se encuentra en mal estado químico cuando, al menos, una de sus estaciones representativas presenta un dato puntual que supera las concentraciones fijadas en el R.D. 1514/2009 para nitratos y/o valores umbral” (CHJ, 2013).

En el último estudio publicado de la evaluación del estado químico anual, realizado en 2014, 27 de las 90 masas de agua subterránea, se encontraban en mal estado químico. De éstas, 17 incumplían únicamente por superar los valores reflejados en las normas de calidad ambiental (NCA) para los nitratos, 3 incumplían tanto por la concentración de nitratos como por plaguicidas, 4 masas por nitratos, plaguicidas y valores umbral y finalmente 3, lo hacían por nitratos y valores umbral. Los incumplimientos se dieron en masas de aguas costeras o en zonas próximas a grandes núcleos de población donde la industria (metales pesados) y la agricultura (aplicación de fertilizantes) generan una presión significativa (CHJ, 2013).

Respecto al estado de los recursos hídricos presentes en el medio subterráneo y que se encuentran en los límites de observación del presente trabajo, las determinaciones básicas de contaminantes del último muestreo de la Red de Vigilancia de la CHJ, no revelan concentraciones que superen los valores de referencia en la *Masa de Jérica*. Su estado químico, según el informe del año 2012, se sitúa dentro de las masas en buen estado químico (CHJ, 2013). Sin embargo, las masas colindantes se encuentran dentro de las masas en mal estado químico; *Sierra del Toro*, que transfiere recursos laterales, presenta valores superiores respecto a los niveles de referencia de nitratos, hierro y manganeso [Normas de Calidad Ambiental, NCA del R.D 1514/2009]; por otro lado, el de *Onda* presentaba valores superiores en sulfatos (CHJ, 2012) (Ver Figura 9 en ANEJO1, sobre la situación del estado global de las masas de agua subterránea).

Lo anterior demuestra que los acuíferos están en grave peligro y con ellos las aptitudes para sus diferentes usos, y su calidad. En consecuencia, *El Libro Blanco* determina que la conservación de la calidad de las aguas subterráneas debe centrarse en el principio de prevención; impidiendo que se

produzca la contaminación ya que cuando el acuífero es degradado, la recuperación de sus características, aunque posible, es complicada técnicamente y conlleva un elevado coste. Así pues, se hace imprescindible gestionarlo de manera que dé respuesta a los diversos problemas derivados de sus características como recurso renovable. Es decir, que garantice un uso sostenible y eficiente, que preserve su calidad y que procure que su escasez influya lo menos posible en el desarrollo de la sociedad, es decir, que compatibilice las demandas con el respeto al medio ambiente y demás recursos naturales.

1.4.1. DESCRIPCIÓN SOCIOECONÓMICA E IMPORTANCIA DE LOS USOS DEL AGUA EN EL ÁREA DE ESTUDIO

La zona estudiada comprende tres términos municipales: Benafer, Caudiel y Viver. Se aportan a continuación diversos datos de interés.

Benafer (código INE 12024; cód. Prov. 12) es un pueblo de 171 habitantes y 17.01 km², con 0,21% de su superficie urbana y 97.64 % de superficie rústica; de ésta el 92,26% de superficie es agrícola con unas 1.571 ha (ARGOS, 2015). Caudiel por su parte, consta de 739 habitantes y de 62,36 km². La superficie urbana representa el 0,42%, y el 96,88% es rústica, con el 93,77% agrícola y 5.849 ha. Respecto a la ocupación, la contratación registrada en agricultura, industria y construcción es nula, siendo el 100% en servicios (ARGOS, 2015). Viver, el mayor de los tres municipios, tiene 1594 habitantes y una extensión de 50,02 km² de la que un 1,0% es urbana y el 99,0% rústica, con un 91,44% de carácter agrícola, lo que representa unas 4.565 ha, de las cuales 260 ha se surten del regadío tradicional, por inundación, y 420 ha son de regadío de auxilio por goteo (Cooperativa de Viver, comunicación personal, 2015). En relación a sus sectores de actividad, la contratación registrada en la agricultura representa el 13,0%, el 30,4% en construcción y el 56,5% en servicios (ARGOS, 2015) (Ver Figura 10, en ANEJOS 1 sobre Mapa de Ocupación del Suelo).

La actividad ganadera se da puntualmente con pequeños rebaños de ovino, caprino y bovino en extensivo, distribuidos en los tres municipios. La actividad industrial potencialmente contaminante es muy escasa. Así pues, ante este escenario socioeconómico, en los siguientes apartados, se dará información acerca de qué papel juega el agua subterránea en él.

1.4.2. USOS DEL AGUA

1.4.2.1. ABASTECIMIENTO DE NÚCLEOS URBANOS

En la Comunidad Valenciana, el abastecimiento a núcleos de población con agua subterránea es numeroso; de los 489 hm³/año de agua captados para uso urbano en el 2003, 292 hm³ pertenecían a agua subterránea (CONAMA, 2007). En 2009, los recursos subterráneos globales extraídos en las masas de agua subterránea de la Demarcación Hidrográfica del Júcar (DHJ), se estimaron en unos 1.475 hm³/año, de los cuales 1.092 hm³/año se destinaron al uso agrario, 332 hm³/año al uso urbano, 49 hm³/año al uso industrial y 3 hm³/año a otros usos. En las poblaciones objeto de estudio, la situación no es diferente. Concretamente la masa de Jérica tiene un bombeo total de 5,7 hm³/año de los cuales 3,4 hm³/año para bombeo urbano y 2,3 hm³/año para bombeo Agrario. (CHJ, 2014)

Benafer se abastece del manantial subterráneo *La Fuensantilla*, cuyos aportes son canalizados hasta el depósito municipal, con una capacidad de 50m³ y del manantial del Tercio que carga un segundo depósito de 450 m³. Caudiel se abastece del manantial de *Santa Úrsula* cargando un depósito con un aforo de 300 m³. Viver por su parte se abastece de dos manantiales; el que mayor cantidad de agua aporta es el manantial de *San Miguel*, que proporciona agua a los depósitos de *La Teja*, con una capacidad de 200 m³, *Mosén Villar* 960 m³ y *Aguas Blancas* con 672 m³. El segundo es el manantial de *Ragudo* que provee a los dos núcleos separados de la población de Viver, denominados *Masía del Sordo* y *Masía de Parrella* a través del depósito de *Ragudo* con una capacidad de 50,5 m³ (DIPUTACIÓN DE CASTELLÓN, 2015).

Ante esta situación, es imprescindible pues, el mantenimiento de la calidad de dichas aguas para asegurar una buena salud y calidad de vida de los habitantes del lugar.

1.4.2.2. AGRÍCOLA

Los municipios se sitúan en la zona agraria denominada Alto Palancia, con código 0901202 en el Plan Hidrológico del Júcar 2009-2015. Es evidente que se trata de una zona agrícola en la que el regadío es un sector muy relevante en términos de uso de agua (CHJ, 2009 c).

La unidad de demanda agrícola (UDA) definida en el Plan Hidrológico del Júcar 2009-2015 de la zona es la 082021A (según el código de la CHJ para UDA), Regadíos Aguas Arriba del embalse del Regajo. Se localiza en la zona sur del interior de la provincia de Castellón. Se incluye en el sistema de explotación Palancia – Los Valles, concretamente en el tramo medio del río Palancia, aguas arriba del embalse del Regajo. Se trata de una UDA de carácter mixto que se abastece de las aguas fluyentes del río Palancia y de captaciones de agua subterráneas (CHJ, 2009 d).

Las Comunidades de Regantes (CR) que se encargan de su gestión son las siguientes: 99 CR Caudiel; 185 CR Magallán-Navales y de media vega de Jérica; 259 CR San Francisco de Paula; 263 CR San Isidro Labrador de Teresa; 304 CR Viver (CHJ, 2009 d).

Las parcelas agrícolas están dedicadas a olivar, almendro y nogal en su mayoría, algunos frutales y en las zonas próximas a los núcleos urbanos, se desarrollan cultivos hortícolas (SIGPAC, 2015)

Los métodos de riego son por aspersión, que suponen un 0.6%, por gravedad (44.1%) y localizado (55.3%), con previsión de aumento del porcentaje de aplicación en riego localizado hasta el 62.0% en 2027. La curva de la demanda muestra que los meses de junio, julio, agosto y septiembre son los de mayor demanda. La demanda neta en esta unidad es de 2.259 hm³/año para 1.308 ha. La demanda bruta es de 3.691 hm³/año de la cual el agua superficial supone 2.027 hm³/año y la subterránea 1.664 hm³/año (CHJ, 2009 e).

Con lo visto, la agricultura juega un papel sustancial en la economía de la zona, al mismo tiempo que supone un importante consumo de agua de origen subterráneo. Por lo que determinar el estado actual y mantener un control de las aguas, asegurará un riego de calidad con todo lo que conlleva.

(Nota: Los datos recogidos en este apartado, vienen dados por la información de los Formularios del Visor de la CHJ y CITMA en relación a las parcelas agrícolas).

1.4.2.3. TURÍSTICO Y DE MANTENIMIENTO DEL EQUILIBRIO DEL ECOSISTEMA

Viver y Caudiel contienen porciones de su territorio dentro de espacios naturales protegidos. Se encuentran en Caudiel algunas figuras de protección como *la Serra d'Espadà* que es Zona Especial de Conservación, Lugar de Interés Comunitario (LIC), Parque Natural y Zona de especial protección para las aves, además del LIC "*Curs Alt del riu Millars*". Por su parte, el LIC "*Curs mitjà del riu Palancia*" y "*Los Ojos del Prao*" como Cueva, a la vez que manantial, se encuentran localizados en Viver (CITMA, 2014) (Ver Figura 11 en ANEJO 1. CARTOGRAFÍA, sobre Espacios Naturales Protegidos).

El río Palancia discurre por la parte sur de Viver, dando lugar al "*Paraje del Sargal*" área recreativa, zona de baño y lugar muy visitado por turistas y vecinos. Durante el año se realiza la ruta de los manantiales, que recorre el término municipal haciendo una visita guiada por las fuentes y manantiales de aguas subterráneas más representativas de la población. Entre ellos, uno de los más significativos es la fuente de San Miguel, situado al noreste de la población. Benafer recibe multitud de visitas a sus fuentes para recoger sus aguas, entre las cuales destaca la Fuensanta y la fuente de Los Nogales.

El turismo del agua y la naturaleza contribuyen generosamente a la economía de la zona de estudio, especialmente en los meses estivales, cuando la afluencia de gente, hace que las poblaciones tripliquen su número de habitantes. Será pues imprescindible proporcionar a estas zonas turísticas la necesaria

garantía de suministro y calidad de agua para que esta actividad siga proporcionando ecoturistas y con ellos, beneficios a la economía local.

1.5. ANTECEDENTES Y JUSTIFICACIÓN DEL TRABAJO

La Confederación Hidrográfica del Júcar y el IGME llevan a cabo un seguimiento del estado físico - químico de las aguas subterráneas. Sin embargo, la amplia mayoría de los puntos de muestreo seleccionados en este trabajo, no tienen datos, no están actualizados o no contienen un estudio exhaustivo de dicha calidad.

A escala municipal, sería conveniente disponer de una información más detallada para apoyar el control que establecen los organismos superiores. Así pues, obtener un documento que recopile y estudie la situación de sus fuentes más representativas, que aporte información adicional y actual, contribuirá positivamente a enriquecer los archivos documentales sobre el patrimonio natural de dichas localidades.

OBJETIVOS

2. OBJETIVOS

Es indudable, que el agua es un valioso recurso que es necesario proteger. El presente documento tiene como principal objetivo realizar una recopilación de los datos básicos de los manantiales elegidos, y una evaluación general del estado físico-químico de los diversos manantiales de origen subterráneo, situados en los términos municipales de Benafer, Viver y Caudiel, pertenecientes a la comarca del Alto Palancia (Castellón), siguiendo, para ello, algunas de las especificaciones expuestas en *la Directiva 2000/60/CE* (UE,2000) y *2006/118/CE* relativas a la protección de las aguas subterráneas contra la contaminación y el deterioro (UE,2006). Sería como una adaptación a la red de seguimiento y control del estado químico propuesta, pero más densa y acotada en cuanto a la localización de puntos. Un segundo objetivo sería el de establecer unas bases para, una vez descrita la situación actual, estimar la evolución previsible y poder sugerir la adopción de prioridades en el uso y mantenimiento del agua para una mayor utilidad social y sostenibilidad futura.

En definitiva, y teniendo en cuenta las limitaciones que impone un trabajo académico de este tipo en cuanto a tiempo y recursos, lo que se pretende mostrar con este documento, es un ejemplo de lo que los municipios afectados podrían llevar a cabo de manera regular para un mejor control de la calidad de las aguas de la zona.

MATERIAL Y MÉTODOS

3. MATERIAL Y MÉTODOS

3.1. DESCRIPCIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO

3.1.1. CARACTERÍSTICAS HIDROGEOLÓGICAS

3.1.1.1. SISTEMA DE EXPLOTACIÓN

Corresponde al denominado como *Palancia – Los Valles*, comprende la cuenca del río Palancia en su totalidad y las subcuencas litorales entre el límite provincial de Valencia y Castellón, con 1159 km² (CHJ, 2007). En el anejo 1 se muestra dicho sistema así como la tipología de la relación río-acuífero (figuras 12 y 13).

3.1.1.2. UNIDAD HIDROGEOLÓGICA

El sistema de explotación *Palancia-Los Valles*, en el que están contenidos los puntos a estudiar de los tres términos municipales, se adscribe a la Unidad Hidrogeológica nº 14, con un caudal específico de 8.8 L/s/m y 650 km². Las únicas entradas al sistema proceden del agua de lluvia y la infiltración de las ramblas y cauces de la cuenca alta del río Palancia (125 hm³). El sistema descarga por alimentación lateral a la Unidad Hidrogeológica nº 20 (30 hm³), salidas por emergencias y drenaje al río Palancia (95 hm³) (CHJ, 2007) (Figura 14, Anejo 1, sobre Unidad Hidrogeológica).

3.1.1.3. SUBCUENCA HIDROGRÁFICA Y MASA DE AGUA SUBTERRÁNEA

Pertencen a la Subcuenca Hidrográfica clasificada del Palancia (código 168) con un área de 975.9 km². Concretamente a la masa de agua subterránea con código 080.125 denominada *Jérica*, es de tipo permeable y ocupa una superficie de 336,63 km². Su litología, a nivel general, es de tipo Carbonatada (código 2 según el SIA Júcar) compuesta por calizas y dolomías del Jurásico. El tipo de acuífero es Mixto (código 4 según el SIA) (CHJ, 2009 a) y (CHJ, 2009 b).

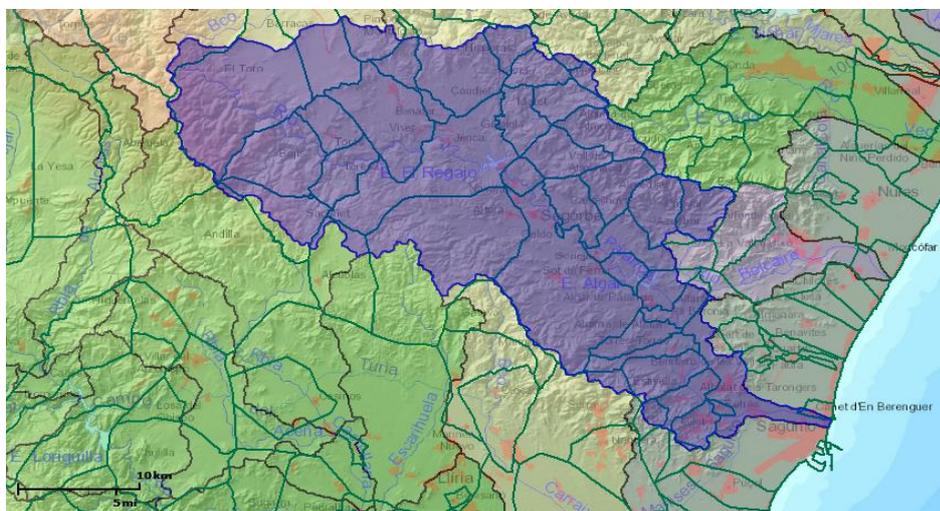


FIGURA 2. CUENCA DEL RÍO PALANCIA. FUENTE: (CHJ, 2009 b).

3.1.1.4. RED DE DRENAJE DE AGUAS SUPERFICIALES

Son numerosas también las aguas corrientes superficiales, destacando un tramo aproximado de 6 km del tramo alto del río Palancia que entra por el flanco sureste de Viver y lo abandona para pasar a Jérica por el oeste y entrar al embalse del *Regajo*, con una capacidad de 6.6 hm³, por su brazo este (CHJ, 2007). Se encuentran también diversos barrancos como el de la *Fuensanta* que atraviesa Benafer de norte a sur, y el de *Despeñaperros*, que viene de Viver. En Caudiel se encuentran el de *Juésar*, *Cuatrenas* y *Pilares*, todos ellos, al pasar a Jérica se unen y desembocan en el brazo norte del *Regajo*.

3.1.2. LITOLOGÍA

Son numerosos los tipos litológicos que se distinguen, entre ellos destacan las dolomías, margas y calizas dolomíticas; las areniscas, arcillas rojas, calizas y margas con ostreidos; calizas brechoides, travertinos, areniscas y limos; conglomerados, y en menor medida lutitas y yeso, (IGME, 2014). Así pues, se trata de un suelo en el que abunda la roca caliza, la cual va a condicionar las características del tipo de agua que las recorre (Figura 15, Anejo 1, sobre Litología).

3.1.3. FISIOGRAFÍA

A gran escala, el marco a tratar se encuentra limitado al norte con la *Sierra Espina*, al oeste por la *Sierra Javalambre* y al este por la *Sierra Espadán*. La fisiografía de la zona de estudio varía desde un terreno ondulado en la parte este de Viver, central y sur de Benafer (500m), hasta los terrenos fuertemente socavados y montañosos del norte de Caudiel, coincidiendo con *Sierra Espina*. En resumen, Viver presenta en su parte norte y este, espacios con laderas moderadas y acentuadas, destacando los *Altos de Ragudo* (980 m). Por su parte, Benafer, presenta desde su franja central más estrecha hasta el norte, áreas colinadas, laderas acentuadas y dos enclaves montañosos, destacando la *Peña del Águila* (1024 m). Caudiel cuenta en su mayoría, con terrenos fuertemente socavados y ondulados, con laderas acentuadas y terreno montañoso en la parte norte (CITMA, 2001). En las figuras 16 y 17 del Anejo 1, se muestra el mapa fisiográfico y el de elevaciones.

3.1.4. CLIMA

Se han utilizado los datos relativos a la estación meteorológica de Segorbe, por ser la estación más cercana al área de trabajo de la que hay información en el Sistema de Clasificación Mundial (WBCS, 2015). Además se han podido obtener datos de la estación meteorológica de Viver, donde se cifra que la temperatura media anual varía en la zona entre los 13 y 14º C (TERRASIT, 2009). La precipitación media es de unos 506 mm, mientras que la evapotranspiración potencial es de 800 mm. El diagrama ombrotérmico muestra un único período seco que comprende los meses de julio y agosto.

Podría decirse que se trata de municipios con transición entre el clima de la llanura del litoral valenciano y el de las montañas turolenses. Según la clasificación de Rivas-Martínez la zona es de tipo mesomediterráneo. A continuación se presenta gráficamente la información recopilada (WBCS, 2015).

```

ESP CASTELLON ( SEGORBE )
Latitude: 39°51'N Longitude: 0°0'29'W Altitude: 364 m.
----- SUMMARY OF RIVAS-MARTINEZ CLASSIFICATION -----
Continentality Index .....: B2b
+ Type .....: B. Oceanic
+ Subtype .....: 2. Euoceanic
+ Variant .....: b. Low
Thermic types .....: B1.A3
+ Latitudinal zone .....: B. Temperate
+ Latitudinal belt .....: 1. Eutemperate
+ Thermic type .....: A. Warm
+ Thermic subtype .....: 3. Subwarm
Bioclimatic types .....: B1.3b.5b
+ Macrobioclimate .....: B. MEDITERRANEAN
+ Bioclimate .....: 1. PLUVISEASONAL-OCEANIC
+ Bioclimatic variant ...:
+ Thermic type.....: 3. MESOMEDITERRANEAN
+ Thermic subtype.....: b. LOW
+ Ombrothermic type .....: 5. DRY
+ Ombrothermic subtype ...: b. LOW
    
```

FIGURA 3. SUMARIO DE LA CLASIFICACIÓN DE RIVAS-MARTÍNEZ PARA LA ESTACIÓN DE SEGORBE. FUENTE: SISTEMA DE CLASIFICACIÓN MUNDIAL. CENTRO DE INVESTIGACIONES FITOSOCIOLÓGICAS (WBCS, 2015).

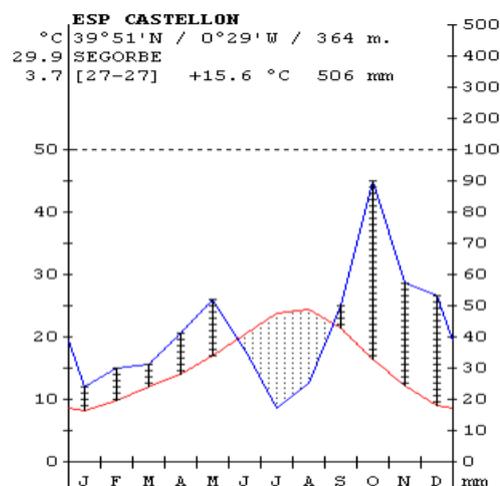


FIGURA 6. DIAGRAMA OMBROTÉRMICO. FUENTE: SISTEMA DE CLASIFICACIÓN MUNDIAL. CENTRO DE INVESTIGACIONES FITOSOCIOLÓGICAS (WBCS, 2015).

ESP CASTELLON (SEGORBE)							
Latitude: 39°51'N				Longitude: 000°29'W			
Temperature observation period.: 1943-1969 (27)							
Rainfall observation period....: 1943-1969 (27)							
(C°/mm)	Ti	Mi	mi	M'i	m'i	Pi	PEi
Jan	8.1	12.5	3.7	19.9	-1.1	24.0	16.7
Feb	9.7	14.7	4.8	22.0	-0.3	30.0	22.1
Mar	12.0	17.3	6.6	24.4	1.6	31.0	38.7
Apr	13.9	19.3	8.4	26.2	4.2	41.0	52.8
May	17.0	22.6	11.5	28.7	7.2	52.0	81.6
Jun	20.4	26.6	14.3	31.6	10.0	36.0	110.4
Jul	23.7	29.9	17.6	35.1	14.0	17.0	142.9
Aug	24.3	29.8	18.8	35.2	14.4	25.0	138.2
Sep	21.2	26.5	15.9	31.4	11.7	50.0	97.7
Oct	16.3	20.8	11.9	27.4	7.4	90.0	59.0
Nov	12.2	16.6	7.9	22.3	2.9	57.0	32.0
Dec	9.0	13.1	5.0	19.1	-0.4	53.0	19.1
Year	15.7	20.8	10.5	26.9	6.0	506.0	811.3

FIGURA 4 CUADRO DE DATOS CLIMÁTICOS. FUENTE: SISTEMA DE CLASIFICACIÓN BIOCLIMÁTICA MUNDIAL. CENTRO DE INVESTIGACIONES FITOSOCIOLÓGICAS (WBCS, 2015)

3.1.5. VEGETACION

El área de estudio, siguiendo la tipología biogeográfica para la distribución de la vegetación, corresponde al Reino Holártico, Región Mediterránea, Subregión Mediterránea occidental, Superprovincia Mediterránea - Iberolevantina, Provincia Catalano – Valenciano - Provenzal – Balear, Sector Setabense (WBCS,2015). Se distinguen dos zonas de potencialidad bioclimática bien diferenciadas, la mitad Norte de Benafer y Caudiel para zonas de productividad notable, cálidas y de alta diversidad, y el resto con zonas de productividad notable, cálidas y de baja diversidad (CITMA, 2012a). Los ecosistemas forestales de la zona de estudio son entre otros el arbolado de *Pinus halepensis*, el arbolado de *Pinus pinaster*, garriga y matorral esclerófilo (CITMA, 2012b). Así mismo, se encuentra dentro de la serie de vegetación *mesomediterranea manchega y aragonesa basofila de Quercus rotundifolia o encina (Bupleuro rigidi-Querceto rotundifoliae sigmetum)*; *Vegetación potencial, encinares* (ANTHOS, 2012a). Las especies más representativas son el *Pinus halepensis* Mill., *Quercus ilex* L., *Quercus faginea* Lamk., *Quercus coccifera* L., *Juniperus oxycedrus* L., *Rosmarinus officinalis* L., *Lavandula latifolia* Medik., *Thymus vulgaris* L. y *Ulex parviflorus* Pourret (ANTHOS, 2012 b).

En la vegetación de ribera se encuentran entre otros, *Populus sp*, *Salix.sp*.y *Ulmus minor*. En la figura 18 del anejo 1 se muestra el inventario forestal, en la figura 19 el mapa de vegetación y en la 20 el mapa de ecosistemas forestales.

3.1.6. FAUNA

Las especies animales más representativas de la zona son *Sus scrofa*, *Capra pirenaica*, *Caperolus capreolus*, *Bufo*, *Meles*, *Lepus europaeus*, *Oryctolagus cuniculus*, *Turdus philomelos* y *Alectoris rufa*. Así como la presencia de *Salmo trutta* y *Barbus guiraonis* en las aguas del río Palancia, *Pleurodeles waltl* en la parte alta del barranco de Zalón y *Felis silvestris* en la parte más septentrional de Caudiel (BDBD, 2003).

3.2 LOCALIZACIÓN DE LOS PUNTOS DE MUESTREO

El trabajo se ha centrado en los términos municipales de Benafer, Viver y Caudiel y se han seleccionado los manantiales de origen subterráneo más representativos, que se muestran en la figura 8 y en la tabla 1.

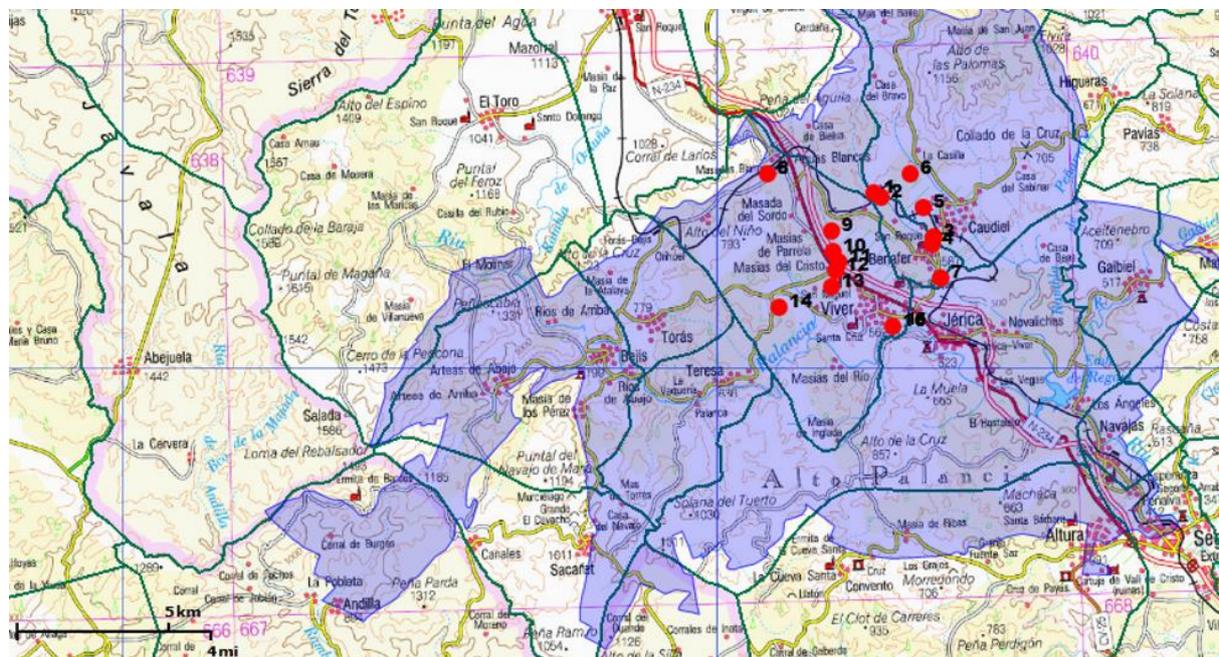


FIGURA 5. SITUACIÓN DE LOS MANANTIALES SUBTERRÁNEOS SELECCIONADOS EN BENAFER, VIVER Y CAUDIEL, CONTENIDOS EN LA MASA DE AGUA SUBTERRÁNEA JÉRICA. (ADAPTADO DE CHJ, 2009 a).

TABLA 4. CARACTERIZACIÓN DE LOS MANANTIALES. FUENTE: BASE DE DATOS DE AGUA (BDA, 2015)

REF	NOMBRE	Nº IGME	HOJA	OCTAN.	PUNTO	X	Y	COTA (m)	MUNIC.	USO
1	FUENSANTILLA	2825-4-0001	2825	4	0001	704999	4426007	690	BENAFER	ABASTACIMIENTO A NÚCLEOS URBANOS
2	FUENSANTA	2825-4-0002	2825	4	0002	705498	4425816	680	BENAFER	AGRICULTURA
3	AGADÍN	2825-4-0004	2825	4	0004	706991	4424606	615	BENAFER	AGRICULTURA
4	SAN JUANA	2825-4-0005	2825	4	0005	707137	4424155	590	BENAFER	AGRICULTURA
5	LA HEREDAD	2825-4-0006	2825	4	0006	706946	4425358	650	CAUDIEL	AGRICULTURA
6	SANTA ÚRSULA	2825-4-0007	2825	4	0007	706554	4426461	680	CAUDIEL	AGRICULTURA-A. NÚCLEO URBANO
7	LOS NOGALES	2825-4-0017	2825	4	0017	707578	4422851	640	BENAFER	AGRICULTURA
8	RAGUDO	2825-3-0001	2825	3	0001	701623	4426483	810	VIVER	AGRICULTURA-A. NÚCLEO URBANO
9	LA FRANQUEZA	2825-3-0003	2825	3	0003	703737	4424615	670	VIVER	AGRICULTURA
10	OJOS DEL PRADO	2825-3-0004	2825	3	0004	703882	4424013	670	VIVER	AGRICULTURA
11	ALIAGA	-	2825	3	-	704079	4423487	-	VIVER	AGRICULTURA
12	LA TEJERÍA	2825-3-0005	2825	3	0005	703927	4423311	675	VIVER	AGRICULTURA
13	SAN MIGUEL	2825-3-0006	2825	3	0006	704121	4422509	660	VIVER	AGRICULTURA-A. NÚCLEO URBANO
14	LA CHANA	2825-3-0007	2825	3	0007	702065	4422124	680	VIVER	AGRICULTURA
15	EL PONTÓN	2825-4-0015	2825	4	0015	705641	4421654	550	VIVER	AGRICULTURA

(Nota: coordenadas referidas a UTM30 ED50 del IGME; huso 30, hoja 2825. REF: Referencia del manantial en el trabajo; A: Abastecimiento; OCTAN.: Octante; MUNIC.: Municipio)

3.3. MUESTREO Y ANÁLISIS REALIZADOS

En cada uno de los puntos objeto de estudio (15 en total) se llevó a cabo la recogida de una muestra de agua, en tres ocasiones a lo largo de un período de cuatro meses. Posteriormente se procedió al análisis de diversos parámetros fisicoquímicos en el laboratorio de Edafología del departamento de Química de la U.P.V. Las determinaciones analíticas realizadas en cada una de las muestras de agua tomada en las diferentes fechas de muestreo han sido: pH, conductividad eléctrica, oxígeno disuelto, cloruro, nitrato, bicarbonato, calcio, magnesio, sodio, potasio y amonio. La realización de todas estas tareas se produjo de tal manera que se aseguró la calidad de los trabajos, incluyendo la protección, identificación y transporte hasta el laboratorio de la muestra, donde se procedió a la realización de las diferentes determinaciones analíticas ya mencionadas. Las fechas de muestreo fueron a finales del invierno, concretamente el día 28/02/2015, al inicio de la primavera (4/04/2015) y a finales de la misma (23/05/2015). Si bien la idea inicial era realizar un muestreo estacional, la necesidad de concluir el TFG en el período estipulado por la normativa, impidió llevar a cabo los muestreos con dicha periodicidad.

El pH se determinó con un pH-metro Crison GLP22 previamente calibrado con soluciones tampón a 7.02 y 9.21 unidades de pH. La medida de la conductividad eléctrica (CE) se hizo con un conductímetro Crison 522, midiendo la temperatura de cada muestra con un termómetro para la corrección del valor medido y obtención de la $CE_{20^{\circ}C}$. El oxígeno disuelto se determina con un electrodo selectivo que permite medir la corriente producida al reducirse el oxígeno y cuya intensidad es proporcional a la actividad del oxígeno disuelto. La determinación de cloruros se realizó mediante un clorurímetro marca Sherwood modelo M926. La determinación de nitratos se basa en una reducción a nitritos en una columna de cadmio y posterior determinación colorimétrica. Para ello se utilizó una unidad analizadora por inyección de flujo FI Astar 5000 (modelo Foss Tecator) y software SoFIA. Este mismo equipo fue utilizado para la determinación de amonio en las muestras analizadas; en este caso se inyecta la muestra a una corriente portadora que se une a otra corriente de hidróxido sódico, formando amoniaco gaseoso que se difundirá a través de una membrana permeable dentro de una corriente de indicador, apareciendo un cambio de color que podrá ser medido fotométricamente a 590 nm. El contenido de iones sodio y potasio se determinó mediante fotometría de llama, con su correspondiente curva de calibrado preparada en cada caso a partir de la serie de patrones adecuada en función de la concentración de las muestras. La determinación de los iones calcio y magnesio se hizo mediante valoración complexométrica. La alcalinidad, en este caso ion bicarbonato, se determina por una volumetría, valorando con un ácido fuerte y detectando el punto final de la valoración con fenolftaleína como indicador.

Todas las determinaciones se hicieron por duplicado obteniendo el valor medio analítico. A partir de los valores medios de cada fecha de muestreo, se obtuvo el valor medio del periodo estudiado, la desviación estándar y el coeficiente de variación de cada uno de los parámetros analizados. Todos los cálculos intermedios necesarios para la obtención de los resultados finales fueron procesados en la hoja de cálculo Excel 2007.

3.4. CRITERIOS DE EVALUACION DE LOS PARÁMETROS

Esta evaluación se realiza en base a los resultados analíticos obtenidos para cada manantial, en los tres periodos de muestreo.

Para evaluar los resultados analíticos se ha intentado seguir, con las pertinentes limitaciones, las normas de calidad ambiental definidas en el *R.D 1514/2009, de 2 Octubre, sobre la protección de las aguas subterráneas contra la contaminación y el deterioro respecto a nitratos (RD 1514/2009 de 2 de Octubre)*. También se ha empleado como referencia el *R.D 140/2003, del 7 de febrero, por el que se establecen los criterios sanitarios de la calidad del agua de consumo humano (R.D 140/2003, de 7 de febrero)*. Para aquellos parámetros estudiados en los que no se propone ningún valor de referencia basado en efectos sobre la salud, se han usado los aspectos relativos a la aceptabilidad establecidos en el capítulo diez del libro *“Guías para la calidad del agua potable”* de la OMS (OMS, 2008). Para la dureza del agua se han

usado la unidad de medida de grados hidrométricos franceses (° HF) (FACSA, 2009). Para determinar la aptitud y caracterización del agua para uso agrícola se ha utilizado la valoración de parámetros fisicoquímicos limitantes para este uso, establecidos según el Anexo 4 de la Normativa del Plan Hidrológico del Júcar (CHJ, 1997) y el grado de mineralización según la conductividad (CHG, 2007). Para los valores de oxígeno disuelto, se han usado los valores referenciados en el libro de Prácticas de atmósfera, suelo y agua (LLORCA Y BAUTISTA, 2006).

En el ANEJO 2. ASPECTOS RELATIVOS A LA REALIZACIÓN DE LAS FICHAS, PARTE 1, se muestran con más detalle los valores de referencia utilizados para cada uno de los parámetros recogidos en los documentos citados y que se han empleado para analizar los resultados que se presentan en las fichas elaboradas para cada punto de muestreo, así como las fórmulas usadas para el cálculo de diversos parámetros.

3.5 ELABORACIÓN DE LAS FICHAS DE LAS FUENTES

De cada una de las fuentes seleccionadas, se ha elaborado una ficha que recoge información procedente de diferentes organismos públicos y completada con las determinaciones analíticas realizadas. A lo largo de todo el proceso, se ha recopilado la información disponible en las bases de datos del Instituto Geológico y Minero de España (IGME), Sistema de Información del Agua de la Confederación Hidrográfica del Júcar (CHJ) y Recursos subterráneos del Ministerio Agricultura Alimentación y Medio Ambiente (RS). Así mismo se ha consultado en los pertinentes ayuntamientos y comunidades de regantes de la zona, se ha distribuido la información por manantial y se ha incorporado una síntesis de los resultados analíticos obtenidos. Como resultado, se ha obtenido una ficha por fuente con varias tablas explicativas, con los datos de la media de los tres muestreos, su desviación típica y su coeficiente de variación, que permite valorar su estado físico-químico general. Se completa todo ello con un breve comentario de los resultados más representativos, siguiendo los valores de referencia citados anteriormente.

Además se ha realizado conjuntamente una serie de mapas que permiten comparar los resultados obtenidos en el análisis con su respectiva hidrogeología, los cuales pueden verse en el apartado ANEJO2. ASPECTOS RELATIVOS A LA REALIZACIÓN DE LAS FICHAS, PARTE 2. CARTOGRAFÍA.

(Nota: Las coordenadas mostradas en las fichas se corresponden al sistema de referencia UTM 30 ED50 y todas dentro del Huso 30 y hoja 825)

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 FICHAS DE LOS PUNTOS DE MUESTREO (FUENTES)

A continuación se muestran las fichas elaboradas para cada una de las fuentes seleccionadas en el presente trabajo. Cada ficha consta de la identificación, localización, uso, caracterización hidrogeológica y caracterización físico-química. En el anejo 2 se recogen las tablas utilizadas en la caracterización (parte 1), así como la cartografía relacionada específicamente con el punto de muestreo (parte 2). En el segundo apartado de este epígrafe se realiza una comparación entre las fuentes estudiadas y, por último, un comentario más detallado de cada una de ellas.

(Nota: Las tablas contenidas en las fichas no se considerarán como tablas en sí, sino como un instrumento para poder clasificar los datos obtenidos, de esta manera, no se han incluido en el índice de TABLAS, pero se ha incluido un índice de FICHAS. Así como las fotografías tomadas, que irán numeradas según la referencia del manantial al que pertenecen, por lo que tampoco aparecerán en el índice correspondiente a FIGURAS)

FICHA 1. FUENSANTILLA

NOMBRE	MANANTIAL LA FUENSANTILLA
NATURALEZA	MANANTIAL SURGENTE
USO	ABASTECIMIENTO NÚCLEO URBANO

IDENTIFICACIÓN	
REFERENCIA TRABAJO	PUNTO IGME
1	0001
IDENTIFICADOR IGME	OCTANTE
2825-4-0001	4



FIGURA 1. MANANTIAL FUENSANTILLA

LOCALIZACIÓN				
MUNICIPIO	COORDENADA X	COORDENADA Y	COTA (msnm)	PROFUNDIDAD (m)
Benafer	704999	4426007	690	0

LITOLOGÍA	LITOESTRATIGRÁFICO	GEOLÓGICO	HIDROGEOLOGÍA	HIDROGEOLOGÍA	PERMEABILIDAD	ARCILLAS
1:1.000.000	1:200.000	1:50.000	1:1.000.000	1:200.000	1:200.000	1:1.000.000
Conglomerados areniscas; arcillas; calizas y evaporitas; vulcanitas básicas	Permeabilidad media. Dolomías, caliza y margas (F.Muschelkalk)	Dolomías, margas y calizas dolomíticas	Permeabilidad 4 Acuífero extenso, discontinuo, local, de permeabilidad y productividad limitada. Calizas, dolomías, carniols...	Carbonatadas volcánicas y permeabilidad media	Media Carbonatadas	NO

TABLA ANÁLISIS												
Fuente	pH	CE 20°C	Oxígeno disuelto	Cloruros	Bicarbonato	Calcio	Magnesio	Nitrato	Amonio	Sodio	Potasio	RAS
1	-	dS/m	mg/L	mg/L	meq/L	meq/L	meq/L	mg NO ₃ /L	mg NH ₄ /L	mg/L	mg/L	(mmol/L) ^{1/2}
FEB 2015	7,76	0,757	10,69	7,16	4,13	4,48	2,88	6,79	0,081	7,85	0,90	0,178
ABR 2015	7,72	0,774	10,19	13,16	4,03	4,48	2,63	8,20	0,000	8,75	2,92	0,202
MAY 2015	7,88	0,732	9,29	10,60	4,72	4,43	3,08	6,89	0,036	7,32	1,49	0,164
MEDIA	7,79	0,754	10,05	10,31	4,30	4,46	2,86	7,29	0,039	7,98	1,77	0,181
σ	0,08	0,021	0,71	3,01	0,37	0,03	0,23	0,78	0,041	1,04	0,72	0,019
C.V. (%)	1,07	2,80	7,06	29,19	8,67	0,65	7,94	10,74	103,55	13,03	40,96	10,50

FICHA 2. FUENSANTA

NOMBRE	MANANTIAL LA FUENSANTA	IDENTIFICACIÓN	
NATURALEZA	MANANTIAL SURGENTE	REFERENCIA TRABAJO	PUNTO IGME
USO	AGRICULTURA	2	0002
		IDENTIFICADOR IGME	OCTANTE
		2825-4-0002	4



FIGURA2. MANANTIAL FUENSANTA

LOCALIZACIÓN				
MUNICIPIO	COORDENADA X	COORDENADA Y	COTA (msnm)	PROFUNDIDAD (m)
Benafer	705498	4425816	680	0

LITOLOGÍA 1:1.000.000	LITOSTRATIGRÁFICO 1:200.000	GEOLOGICO 1:50.000	HIDROGEOLOGÍA 1:1.000.000	HIDROGEOLOGÍA 1:200.000	PERMEABILIDAD 1.200.000	ARCILLAS 1:1.000.000
Conglomerados, areniscas, arcillas, dolomías, calizas y margas	Baja permeabilidad. Arcillas abigarradas y yesos.	Dolomías, margas y calizas dolomíticas	Permeabilidad 4: Acuífero extenso, discontinuo, local, de permeabilidad y productividad limitadas, calizas, dolomías, carníols...	Formación generalmente impermeable. Metadetríticas, ígneas y evaporíticas. Permeabilidad baja y media.	Muy baja, detríticas	NO

TABLA ANÁLISIS												
Fuente	pH	CE _{20°C}	Oxígeno disuelto	Cloruros	Bicarbonatos	Calcio	Magnesio	Nitrato	Amonio	Sodio	Potasio	RAS
2	-	dS/m	mg/L	mg/L	meq/L	meq/L	meq/L	mg NO ₃ /L	mg NH ₄ /L	mg/L	mg/L	(mmol/L) ^{1/2}
FEB 2015	7,7	0,761	10,42	18,54	7,03	4,38	2,17	6,59	0,000	12,35	5,19	0,296
ABR 2015	7,83	0,772	9,73	14,91	3,10	4,98	2,07	8,08	0,004	7,85	2,19	0,182
MAY 2015	7,51	0,680	9,34	8,79	4,52	5,29	2,13	8,47	0,000	7,31	1,22	0,165
MEDIA	7,68	0,737	9,83	14,08	4,88	3,13	2,12	7,71	0,001	9,17	2,62	0,214
σ	0,16	0,050	0,55	4,93	1,99	0,46	0,05	0,991	0,002	2,07	2,76	0,072
C.V. (%)	2,10	6,80	5,56	35,01	40,75	14,74	2,35	12,84	158,70	22,56	105,38	33,36

FICHA 3. AGADÍN

NOMBRE	MANANTIAL AGADÍN	IDENTIFICACIÓN	
NATURALEZA	MANANTIAL SURGENTE	REFERENCIA TRABAJO	PUNTO IGME
USO	AGRICULTURA	3	0004
		IDENTIFICADOR IGME	OCTANTE
		2825-4-0004	4



FIGURA 3. MANANTIAL AGADÍN

LOCALIZACIÓN				
MUNICIPIO	COORDENADA X	COORDENADA Y	COTA (msnm)	PROFUNDIDAD (m)
Benafer	706991	4424606	615	0

LITOLOGÍA	LITOESTRATIGRÁFICO	GEOLÓGICO	HIDROGEOLOGÍA	HIDROGEOLOGÍA	PERMEABILIDAD	ARCILLAS
1:1.000.000	1:200.000	1:50.000	1:1.000.000	1:200.000	1:200.000	1:1.000.000
Calizas, dolomías y margas; conglomerados y areniscas.	Permeabilidad baja. Arena, arenisca, arcilla, caliza y margas	Areniscas, arcillas rojas, calizas y margas con ostreidos	Permeabilidad 4: Acuífero extenso, discontinuo, local, de permeabilidad y productividad limitadas Calizas, dolomías, carniols.	Formaciones evaporíticas, ígneas.	Permeabilidad baja, descripción: detriticas	SI Código peligrosidad 2 Riesgo Arcillas expansivas en zonas climáticas sin déficit anual de humedad: riesgo de expansión bajo a moderado

TABLA ANÁLISIS												
Fuente	pH	CE _{20°C}	Oxígeno disuelto	Cloruros	Bicarbonatos	Calcio	Magnesio	Nitrato	Amonio	Sodio	Potasio	RAS
3	-	dS/m	mg/L	mg/L	meq/L	meq/L	meq/L	mg NO ₃ /L	mg NH ₄ /L	mg/L	mg/L	(mmol/L) ^{1/2}
FEB 2015	7,79	0,755	10,37	8,85	3,44	4,48	2,17	6,96	0,017	8,30	0,59	0,198
ABR 2015	7,88	0,748	10,15	12,28	4,28	4,83	2,43	9,01	0,000	10,10	3,65	0,230
MAY 2015	7,59	0,712	9,49	10,04	4,52	5,39	1,92	8,57	0,006	10,46	4,14	0,238
MEDIA	7,75	0,738	10	10,39	4,08	4,90	2,18	8,18	0,007	9,62	2,79	0,222
σ	0,15	0,023	0,46	1,74	0,57	0,46	0,25	1,080	0,008	1,92	1,15	0,021
C.V. (%)	1,91	3,14	4,58	16,77	13,89	9,32	11,57	13,20	113,93	20,00	41,35	9,56

FICHA 4. SAN JUANA

NOMBRE	MANANTIAL SAN JUANA
NATURALEZA	MANANTIAL SURGENTE
USO	AGRICULTURA

IDENTIFICACIÓN	
REFERENCIA TRABAJO	PUNTO IGME
4	0005
IDENTIFICADOR IGME	OCTANTE
2825-4-0005	4



FIGURA 4. MANANTIAL LA SAN JUANA

LOCALIZACIÓN				
MUNICIPIO	COORDENADA X	COORDENADA Y	COTA (msnm)	PROFUNDIDAD (m)
Benafer	707137	4424155	590	0

CARACTERÍSTICAS SUELO						
LITOLOGÍA	LITOESTRATIGRÁFICO	GEOLÓGICO	HIDROGEOLOGÍA	HIDROGEOLOGÍA	PERMEABILIDAD	ARCILLAS
1:1.000.000	1:200.000	1:50.000	1:1.000.000	1:200.000	1.200.000	1:1.000.000
Calizas, dolomías y margas; conglomerados y areniscas.	Permeabilidad baja. Arena, arenisca, arcilla, caliza y margas.	Areniscas, arcillas rojas, calizas y margas con ostreidos.	Permeabilidad 3: acuíferos muy permeables generalmente extensos y productivos. Calizas y dolomías.	Formaciones evaporíticas, ígneas.	Permeabilidad baja, descripción: detríticas.	SÍ

TABLA ANÁLISIS												
Fuente	pH	CE _{20°C}	Oxígeno disuelto	Cloruros	Bicarbonatos	Calcio	Magnesio	Nitrato	Amonio	Sodio	Potasio	RAS
4	-	dS/m	mg/L	mg/L	meq/L	meq/L	meq/L	mg NO ₃ /L	mg NH ₄ /L	mg/L	mg/L	(mmol/L) ^{1/2}
FEB 2015	7,47	0,806	9,6	10,96	3,25	4,33	2,58	5,92	0,000	15,94	6,42	0,373
ABR 2015	7,71	0,800	9,96	14,47	3,15	4,93	2,63	11,87	0,000	9,20	1,94	0,206
MAY 2015	7,49	0,733	9,3	10,04	4,48	5,44	2,07	6,95	0,002	8,36	1,22	0,187
MEDIA	7,56	0,779	9,62	11,82	3,62	4,90	2,43	8,24	0,001	11,17	2,95	0,255
σ	0,13	0,040	0,33	2,34	0,74	0,55	0,31	3,180	0,001	2,81	4,16	0,102
C.V. (%)	1,76	5,19	3,44	19,79	20,43	11,32	12,61	38,56	173,21	25,20	140,83	40,02

FICHA 5. LA HEREDAD

NOMBRE	MANANTIAL LA HEREDAD
NATURALEZA:	MANANTIAL SURGENTE
USO	AGRICULTURA

IDENTIFICACIÓN	
REFERENCIA TRABAJO	PUNTO IGME
5	0006
IDENTIFICADOR IGME	OCTANTE
2825-4-0006	4

LOCALIZACIÓN				
MUNICIPIO	COORDENADA X (UTM ED50)	COORDENADA Y	COTA (msnm)	PROFUNDIDAD(m)
Caudiel	706946	4425358	650	0



FIGURA 5. MANANTIAL LA HEREDAD

CARACTERÍSTICAS SUELO						
LITOLOGÍA	LITOSTRATIGRÁFICO	GEOLÓGICO	HIDROGEOLOGÍA	HIDROGEOLOGÍA	PERMEABILIDAD	ARCILLAS
1:1.000.000	1:200.000	1:50.000	1:1.000.000	1:200.000	1.200.000	1:1.000.000
Arcillas versicolores y yesos	Permeabilidad baja. Arena, arenisca, arcilla, caliza y margas	Areniscas, arcillas rojas, calizas, margas con ostreidos	Permeabilidad 4: Acuífero extenso, discontinuo, local, de permeabilidad y productividad limitadas. Calizas, dolomías.	Formaciones evaporíticas, ígneas.	Permeabilidad baja, descripción: detríticas.	NO

TABLA ANÁLISIS												
Fuente	pH	CE _{20°C}	Oxígeno disuelto	Cloruros	Bicarbonatos	Calcio	Magnesio	Nitrato	Amonio	Sodio	Potasio	RAS
5	-	dS/m	mg/L	mg/L	meq/L	meq/L	meq/L	mg NO ₃ /L	mg NH ₄ /L	mg/L	mg/L	(mmol/L) ^{1/2}
FEB 2015	7,58	1,140	9,56	17,70	3,30	5,69	4,19	34,65	0,005	16,82	1,41	0,329
ABR 2015	7,59	1,113	9,95	19,74	5,16	6,95	3,59	42,44	0,000	14,57	6,08	0,276
MAY 2015	7,61	1,043	9,45	19,25	5,02	7,45	3,79	40,70	0,072	14,64	2,28	0,268
MEDIA	7,59	1,098	9,65	18,89	2,77	6,70	3,86	39,26	0,026	15,34	3,26	0,291
σ	0,02	0,050	0,26	1,07	1,04	0,91	0,31	4,093	0,040	3,13	2,48	0,033
C.V. (%)	0,20	4,56	2,72	5,64	37,50	13,55	7,96	10,43	156,12	20,38	76,19	11,32

FICHA 6. SANTA ÚRSULA

NOMBRE	MANANTIAL SANTA ÚRSULA
NATURALEZA:	MANANTIAL SURGENTE
USO	AGRICULTURA Y ABASTECIMIENTO NÚCLEO URBANO

IDENTIFICACIÓN	
REFERENCIA TRABAJO	PUNTO IGME
6	0007
IDENTIFICADOR IGME	OCTANTE
2825-4-0007	4



FIGURA 6. MANANTIAL SANTA ÚRSULA

LOCALIZACIÓN				
MUNICIPIO	COORDENADA X (UTM ED50)	COORDENADA Y	COTA (msnm)	PROFUNDIDAD(m)
Caudiel	706554	4426461	680	0

CARACTERÍSTICAS SUELO						
LITOLOGÍA	LITOESTRATIGRÁFICO	GEOLÓGICO	HIDROGEOLOGÍA	HIDROGEOLOGÍA	PERMEABILIDAD	ARCILLAS
1:1.000.000	1:200.000	1:50.000	1:1.000.000	1:200.000	1.200.000	1:1.000.000
Conglomerados, areniscas, arcillas, dolomías, calizas y margas	Baja permeabilidad. Arcillas abigarradas y yesos.	Lutitas, yeso, margas, areniscas y dolomías	Permeabilidad 4: Acuífero extenso, discontinuo, local, de permeabilidad y productividad limitadas. Calizas, dolomías, carniols...	Formación impermeable. Metadetríticas, ígneas y evaporíticas de permeabilidad baja y media.	Calizas, dolomías, carniols	NO

TABLA ANÁLISIS												
Fuente	pH	CE _{20°C}	Oxígeno disuelto	Cloruros	Bicarbonatos	Calcio	Magnesio	Nitrato	Amonio	Sodio	Potasio	RAS
6	-	dS/m	mg/L	mg/L	meq/L	meq/L	meq/L	mg NO ₃ /L	mg NH ₄ /L	mg/L	mg/L	(mmol/L) ^{1/2}
FEB 2015	7,57	0,797	9,16	9,27	4,28	5,39	2,48	6,82	0,000	8,30	0,90	0,182
ABR 2015	7,61	0,776	9,94	8,77	4,38	5,29	2,88	6,35	0,000	7,41	1,70	0,159
MAY 2015	7,55	0,733	8,97	7,25	4,43	5,44	2,38	6,85	0,002	6,26	0,16	0,138
MEDIA	7,58	0,769	9,35	8,43	4,36	5,37	2,58	6,67	0,001	7,32	0,89	0,160
σ	0,03	0,032	0,51	1,05	0,08	0,08	0,27	0,278	0,001	0,77	1,02	0,031
C.V. (%)	0,40	4,22	5,50	12,46	1,72	1,43	10,34	4,16	173,21	10,51	115,21	19,13

FICHA 7. LOS NOGALES

NOMBRE	MANANTIAL LOS NOGALES
NATURALEZA	MANANTIAL SURGENTE
USO	AGRICULTURA

IDENTIFICACIÓN	
REFERENCIA TRABAJO	PUNTO IGME
7	0017
IDENTIFICADOR IGME	OCTANTE
2825-4-0017	4



FIGURA 7. MANANTIAL LOS NOGALES

LOCALIZACIÓN				
MUNICIPIO	COORDENADA X	COORDENADA Y	COTA (msnm)	PROFUNDIDAD (m)
Benafer	707578	4422851	640	0

CARACTERÍSTICAS SUELO						
LITOLOGÍA	LITOESTRATIGRÁFICO	GEOLÓGICO	HIDROGEOLOGÍA	HIDROGEOLOGÍA	PERMEABILIDAD	ARCILLAS
1:1.000.000	1:200.000	1:50.000	1:1.000.000	1:200.000	1:200.000	1:1.000.000
Calizas, dolomías y margas; conglomerados y areniscas	Permeabilidad baja. Arena, arenisca, arcilla, caliza y margas.	Dolomías, calizas y calizas dolomitizadas	Permeabilidad 3: acuíferos muy permeables generalmente extensos y productivos. Calizas y dolomías	Formaciones evaporíticas, ígneas.	Permeabilidad baja, descripción: detríticas	SI

TABLA ANÁLISIS												
Fuente	pH	CE _{20°C}	Oxígeno disuelto	Cloruros	Bicarbonatos	Calcio	Magnesio	Nitrato	Amonio	Sodio	Potasio	RAS
7	-	dS/m	mg/L	mg/L	meq/L	meq/L	meq/L	mg NO ₃ /L	mg NH ₄ /L	mg/L	mg/L	(mmol/L) ^{1/2}
FEB 2015	7,43	0,930	10,7	12,22	3,64	4,88	3,23	13,00	0,040	15,49	4,27	0,334
ABR 2015	7,69	0,981	9,79	18,42	5,07	6,19	3,64	23,04	0,000	15,94	4,37	0,313
MAY 2015	7,34	0,954	9,3	12,97	5,16	6,65	3,59	22,58	0,002	17,78	5,73	0,342
MEDIA	7,49	0,955	9,93	14,54	4,62	5,91	3,49	19,54	0,014	16,40	4,79	0,329
σ	0,18	0,025	0,71	3,38	0,85	0,92	0,22	5,672	0,023	0,82	1,21	0,011
C.V. (%)	2,43	2,64	7,15	23,28	18,46	15,49	6,34	29,02	159,67	4,98	25,31	1,16

FICHA 8. RAGUDO

NOMBRE	MANANTIAL DE RAGUDO
NATURALEZA:	MANANTIAL SURGENTE
USO	AGRICULTURA- A.NÚCLEO URBANO

IDENTIFICACIÓN	
REFERENCIA TRABAJO	PUNTO IGME
8	0001
IDENTIFICADOR IGME	OCTANTE
2825-3-0001	3



FIGURA 8. MANANTIAL DE RAGUDO

LOCALIZACIÓN				
MUNICIPIO	COORDENADA X	COORDENADA Y	COTA (msnm)	PROFUNDIDAD (m)
Viver	701623	4426483	810	0

CARACTERÍSTICAS SUELO						
LITOLOGÍA	LITOESTRATIGRÁFICO	GEOLÓGICO	HIDROGEOLOGÍA	HIDROGEOLOGÍA	PERMEABILIDAD	ARCILLAS
1:1.000.000	1:200.000	1:50.000	1:1.000.000	1:200.000	1:200.000	1:1.000.000
Calizas; dolomías y margas; conglomerados y areniscas	Permeabilidad media. Dolomías, caliza y margas (F.Muschelkalk)	Dolomías, margas y calizas dolomíticas	Permeabilidad 3: acuíferos muy permeables generalmente extensos y productivos. Calizas y dolomías	Carbonatadas volcánicas y permeabilidad media	Permeabilidad media. Carbonatadas	NO

TABLA ANÁLISIS												
Fuente	pH	CE _{200c}	Oxígeno disuelto	Cloruros	Bicarbonatos	Calcio	Magnesio	Nitrato	Amonio	Sodio	Potasio	RAS
8	-	dS/m	mg/L	mg/L	meq/L	meq/L	meq/L	mg NO ₃ /L	mg NH ₄ /L	mg/L	mg/L	(mmol/L) ^{1/2}
FEB 2015	7,75	0,602	11,04	8,01	4,23	4,38	1,07	6,07	0,019	6,51	0,59	0,171
ABR 2015	7,86	0,619	9,83	15,35	3,89	3,88	1,62	5,70	0,000	5,61	1,22	0,147
MAY 2015	7,62	0,511	9,65	7,81	4,23	3,78	1,42	5,75	0,019	5,22	0,00	0,141
MEDIA	7,74	0,577	10,17	10,39	4,11	4,01	1,37	5,83	0,013	5,78	0,60	0,153
σ	0,12	0,058	0,76	4,30	0,20	0,32	0,28	0,199	0,011	0,66	0,61	0,016
C.V. (%)	1,55	10,11	7,43	41,37	4,83	8,07	20,51	3,41	86,64	11,40	101,09	10,57

FICHA 9. LA FRANQUEZA

NOMBRE	MANANTIAL LA FRANQUEZA	IDENTIFICACIÓN	
NATURALEZA:	MANANTIAL SURGENTE	REFERENCIA TRABAJO	PUNTO IGME
USO	AGRICULTURA	9	0003
		IDENTIFICADOR IGME	OCTANTE
		2825-3-0003	3

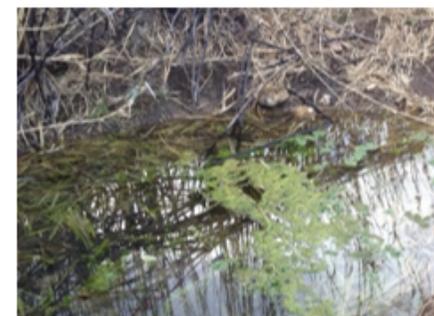


FIGURA 9. MANANTIAL LA FRANQUEZA

LOCALIZACIÓN				
MUNICIPIO	COORDENADA X	COORDENADA Y	COTA (msnm)	PROFUNDIDAD (m)
Viver	703737	4424615	670	0

CARACTERÍSTICAS SUELO						
LITOLOGÍA	LITOESTRATIGRÁFICO	GEOLÓGICO	HIDROGEOLOGÍA	HIDROGEOLOGÍA	PERMEABILIDAD	ARCILLAS
1:1.000.000	1:200.000	1:50.000	1:1.000.000	1:200.000	1.200.000	1:1.000.000
Conglomerados areniscas; arcillas; calizas y evaporitas.	Permeabilidad baja. Arena, arenisca, arcilla, caliza y margas.	Areniscas, arcillas rojas, calizas y margas con ostreidos	Permeabilidad 8: Formaciones extensas, en general de baja permeabilidad, puede albergar en profundidad acuíferos de masas permanentes. Margas y arcillas con alternancia de yesos.	Formaciones evaporíticas, ígneas.	Permeabilidad baja, descripción: detríticas	NO

TABLA ANÁLISIS												
Fuente	pH	CE _{20°C}	Oxígeno disuelto	Cloruros	Bicarbonatos	Calcio	Magnesio	Nitrato	Amonio	Sodio	Potasio	RAS
9	-	dS/m	mg/L	mg/L	meq/L	meq/L	meq/L	mg NO ₃ /L	mg NH ₄ /L	mg/L	mg/L	(mmol/L) ^{1/2}
FEB 2015	7,73	0,768	10,69	8,85	2,85	5,24	1,72	7,62	0,018	8,30	1,509	0,194
ABR 2015	7,88	0,725	10,08	11,40	4,28	5,49	1,72	6,74	0,000	7,85	1,655	0,180
MAY 2015	8	0,660	9,47	8,65	4,18	5,34	1,62	7,45	0,002	11,50	5,468	0,268
MEDIA	7,87	0,718	10,08	9,63	3,77	5,35	1,69	7,27	0,007	9,22	2,877	0,214
σ	0,14	0,055	0,61	1,54	0,80	0,13	0,05	0,468	0,010	2,24	1,990	0,048
C.V. (%)	1,72	7,62	6,05	15,95	21,13	2,37	3,45	6,44	148,60	24,34	69,15	22,22

FICHA 10. LOS OJOS DEL PRADO

NOMBRE	MANANTIAL OJOS DEL PRADO	IDENTIFICACIÓN	
NATURALEZA	MANANTIAL SURGENTE	REFERENCIA TRABAJO	PUNTO IGME
USO	AGRICULTURA	10	0004
		IDENTIFICADOR IGME	OCTANTE
		2825-3-0004	3



FIGURA 10. MANANTIAL LOS OJOS DEL PRADO

LOCALIZACIÓN				
MUNICIPIO	COORDENADA X	COORDENADA Y	COTA (msnm)	PROFUNDIDAD (m)
Viver	703882	4424013	670	0

CARACTERÍSTICAS SUELO						
LITOLOGÍA	LITOESTRATIGRÁFICO	GEOLÓGICO CONTINUO	HIDROGEOLOGÍA	HIDROGEOLOGÍA	Permeabilidad	ARCILLAS
E: 1:1.000.000	1:200.000	1:50.000	1:1.000.000	1:200.000	1.200.000	1:1.000.000
Conglomerados areniscas; arcillas; calizas y evaporitas; vulcanitas básicas.	Permeabilidad muy alta. Travertinos	Areniscas, arcillas rojas, calizas y margas con ostreidos	Permeabilidad 8: Formaciones extensas, en general de baja permeabilidad que puede albergar en profundidad acuíferos de masas permanentes y productivas.	Formaciones carbonatadas de permeabilidad alta o muy alta	Muy alta; carbonatadas	NO

TABLA ANÁLISIS												
10	pH	CE _{20°C}	Oxígeno disuelto	Cloruros	Bicarbonatos	Calcio	Magnesio	Nitrato	Amonio	Sodio	Potasio	RAS
MUESTREO	-	dS/m	mg/L	mg/L	meq/L	meq/L	meq/L	mg NO ₃ /L	mg NH ₄ /L	mg/L	mg/L	(mmol/L) ^{1/2}
FEBRERO	7,96	0,776	10,96	10,11	4,33	5,19	1,52	8,21	0,041	9,65	2,43	0,229
ABRIL	7,69	0,739	9,82	12,72	4,28	5,14	1,97	8,33	0,000	8,75	1,66	0,202
MAYO	7,49	0,687	9,62	10,04	4,23	5,49	1,77	8,90	0,000	9,40	1,75	0,215
MEDIA	7,71	0,734	10,13	10,96	4,28	5,27	1,76	8,48	0,014	9,27	1,60	0,215
σ	0,24	0,045	0,72	1,53	0,05	0,19	0,23	0,370	0,024	0,42	0,46	0,014
C.V. (%)	3,06	6,09	7,14	13,93	1,15	3,62	12,95	4,36	173,21	4,54	29,06	6,35

FICHA 11. ALIAGA

NOMBRE	MANANTIAL ALIAGA
NATURALEZA:	MANANTIAL SURGENTE
USO	AGRICULTURA

IDENTIFICACIÓN	
REFERENCIA TRABAJO	PUNTO IGME
11	-
IDENTIFICADOR IGME	OCTANTE
-	3



FIGURA 11. MANANTIAL ALIAGA

LOCALIZACIÓN				
MUNICIPIO	COORDENADA X	COORDENADA Y	COTA (msnm)	PROFUNDIDAD (m)
Viver	704079	4423487	-	0

CARACTERÍSTICAS SUELO						
LITOLOGÍA	LITOESTRATIGRÁFICO	GEOLÓGICO CONTINUO	HIDROGEOLOGÍA	HIDROGEOLOGÍA	PERMEABILIDAD	ARCILLAS
1:1.000.000	1:200.000	1:50.000	1:1.000.000	1:200.000	1.200.000	1:1.000.000
Conglomerados areniscas; arcillas; calizas y evaporitas; vulcanitas básicas	Permeabilidad baja. Arena, arenisca, arcilla, caliza y margas.	Conglomerados, arcillas y areniscas	Permeabilidad 8: Formaciones extensas, en general de baja permeabilidad, puede albergar en profundidad acuíferos de masas permanentes y productivas. Margas y arcillas con alternancia de yesos.	Formaciones carbonatadas de permeabilidad alta o muy alta	Muy alta. carbonatadas	NO

Fuente	pH	CE _{20°C}	Oxígeno disuelto	Cloruros	Bicarbonatos	Calcio	Magnesio	Nitrato	Amonio	Sodio	Potasio	RAS
11	-	dS/m	mg/L	mg/L	meq/L	meq/L	meq/L	mg NO ₃ /L	mg NH ₄ /L	mg/L	mg/L	(mmol/L) ^{1/2}
FEB 2015	7,67	0,778	10,17	20,22	3,74	4,48	2,02	8,50	0,026	9,65	1,82	0,233
ABR 2015	7,78	0,733	9,97	10,96	3,89	4,68	1,92	8,64	0,000	6,51	0,71	0,156
MAY 2015	7,44	0,688	9,2	10,04	4,28	5,44	1,87	8,84	0,000	6,27	0,00	0,143
MEDIA	7,63	0,733	9,78	13,74	3,97	4,87	1,94	8,66	0,009	7,48	0,84	0,177
σ	0,17	0,045	0,51	5,63	0,28	0,50	0,08	0,168	0,015	0,96	0,91	0,049
C.V. (%)	2,27	6,14	5,24	40,98	7,05	10,36	3,94	1,94	173,21	12,87	108,70	27,48

FICHA 12. LA TEJERÍA

NOMBRE	MANANTIAL LA TEJERÍA
NATURALEZA	MANANTIAL SURGENTE
USO	AGRICULTURA

IDENTIFICACIÓN	
REFERENCIA TRABAJO	PUNTO IGME
12	0005
IDENTIFICADOR IGME	OCTANTE
2825-3-0005	3



FIGURA 12. MANANTIAL LA TEJERÍA

LOCALIZACIÓN				
MUNICIPIO	COORDENADA X (UTM ED50)	COORDENADA Y	COTA (msnm)	PROFUNDIDAD (m)
Viver	703927	4423311	675	0

CARACTERÍSTICAS SUELO:						
LITOLOGÍA	LITOSTRATIGRÁFICO	GEOLÓGICO CONTINUO	HIDROGEOLOGÍA	HIDROGEOLOGÍA	PERMEABILIDAD	ARCILLAS
1:1.000.000	1:200.000	1:50.000	1:1.000.000	1:200.000	1:200.000	1:1.000.000
Conglomerados areniscos; arcillas; calizas y evaporitas; vulcanitas básicas	Permeabilidad baja. Arena, arenisca, arcilla, caliza y margas.	Caliza, arcilla y arenisca	Permeabilidad 8: Formaciones extensas, en general de baja permeabilidad que puede albergar en profundidad acuíferos de masas permanentes y productivas. Margas y arcillas con alternancia de yesos y conglomerados.	Formaciones evaporíticas, ígneas.	Permeabilidad baja, descripción: detríticas	NO

ANÁLISIS												
Fuente	pH	CE _{20°C}	Oxígeno disuelto	Cloruros	Bicarbonatos	Calcio	Magnesio	Nitrato	Amonio	Sodio	Potasio	RAS
12	-	dS/m	mg/L	mg/L	meq/L	meq/L	meq/L	mg NO ₃ /L	mg NH ₄ /L	mg/L	mg/L	(mmol/L) ^{1/2}
FEB 2015	7,64	0,851	10,87	12,22	4,33	5,54	2,18	20,83	0,014	10,55	0,90	0,234
ABR 2015	7,6	0,833	9,49	16,67	4,33	5,59	2,43	41,88	0,000	11,00	1,18	0,239
MAY 2015	7,46	0,747	9,57	12,55	4,08	5,39	2,43	23,01	0,002	9,40	0,00	0,207
MEDIA	7,57	0,810	9,97	13,81	4,25	5,50	2,34	28,57	0,005	10,32	0,69	0,226
σ	0,09	0,056	0,77	2,48	0,14	0,10	0,15	11,576	0,008	0,67	0,62	0,017
C.V. (%)	1,25	6,88	7,77	17,93	3,34	1,90	6,21	40,51	140,97	6,54	89,05	7,59

FICHA 13. SAN MIGUEL

NOMBRE	MANANTIAL SAN MIGUEL
NATURALEZA	MANANTIAL SURGENTE
USO	ABASTECIMIENTO NÚCLEO URBANO Y AGRICULTURA

IDENTIFICACIÓN	
REFERENCIA TRABAJO	PUNTO IGME
13	0006
IDENTIFICADOR IGME	OCTANTE
2825-3-0006	3



FIGURA 13. MANANTIAL DE SAN MIGUEL

LOCALIZACIÓN				
MUNICIPIO	COORDENADA X	COORDENADA Y	COTA (msnm)	PROFUNDIDAD (m)
Viver	704121	4422509	660	0

CARACTERÍSTICAS SUELO						
LITOLOGÍA	LITOSTRATIGRÁFICO	GEOLÓGICO CONTINUO	HIDROGEOLOGÍA	HIDROGEOLOGÍA	PERMEABILIDAD	ARCILLAS
1:1.000.000	1:200.000	1:50.000	1:1.000.000	1:200.000	1:200.000	1:1.000.000
Conglomerados areniscas; arcillas; calizas y evaporitas; vulcanitas básicas.	Permeabilidad baja. Arcillas y lutita, (a veces yesíferas)	Calizas brechoides, travertinos, areniscas y limos	Permeabilidad 8: Formaciones De baja permeabilidad que puede albergar en profundidad acuíferos de masas permanentes y productivas. Margas y arcillas con alternancia de yesos y conglomerados.	Formaciones evaporíticas, ígneas.	Permeabilidad baja. Descripción: detríticas.	SI

TABLA ANÁLISIS												
Fuente	pH	CE _{20°C}	Oxígeno disuelto	Cloruros	Bicarbonatos	Calcio	Magnesio	Nitrato	Amonio	Sodio	Potasio	RAS
13	-	dS/m	mg/L	mg/L	meq/L	meq/L	meq/L	mg NO ₃ /L	mg NH ₄ /L	mg/L	mg/L	(mmol/L) ^{1/2}
FEB 2015	7,52	0,734	9,66	18,12	4,18	4,63	2,33	8,91	0,000	9,65	2,12	0,225
ABR 2015	7,68	0,741	9,55	10,96	4,18	4,83	1,62	7,50	0,000	7,85	0,95	0,190
MAY 2015	7,48	0,681	9,39	10,04	4,23	5,24	2,13	8,76	0,014	8,37	0,96	0,190
MEDIA	7,56	0,719	9,53	13,04	4,20	4,90	2,02	8,39	0,005	8,62	1,34	0,202
σ	0,11	0,032	0,14	4,42	0,03	0,31	0,36	0,772	0,008	0,68	0,93	0,020
C.V. (%)	1,40	4,52	1,42	33,90	0,68	6,28	17,96	9,20	173,21	7,83	68,95	10,06

FICHA 14. LA CHANA

NOMBRE	MANANTIAL LA CHANA
NATURALEZA	MANANTIAL SURGENTE
USO	AGRICULTURA

IDENTIFICACIÓN	
REFERENCIA TRABAJO	PUNTO IGME
14	0007
IDENTIFICADOR IGME	OCTANTE
2825-3-0007	3

LOCALIZACIÓN				
MUNICIPIO	COORDENADA X (UTM ED50)	COORDENADA Y	COTA (msnm)	PROFUNDIDAD (m)
Viver	702065	4422124	680	0



FIGURA 14. MANANTIAL LA CHANA

LITOLOGÍA	LITOESTRATIGRÁFICO	GEOLÓGICO CONTINUO	HIDROGEOLOGÍA	HIDROGEOLOGÍA	PERMEABILIDAD	ARCILLAS
1:1.000.000	1:200.000	1:50.000	1:1.000.000	1:200.000	1:200.000	1:1.000.000
Calizas, dolomías y margas; conglomerados y areniscas	Permeabilidad baja. Arena, arenisca, arcilla, caliza y margas.	Caliza, arcilla y arenisca	Permeabilidad 3: acuíferos muy permeables generalmente extensos y productivos. Calizas y dolomías	Formaciones evaporíticas, ígneas.	Permeabilidad baja. Descripción: detríticas	SI

TABLA ANÁLISIS												
Fuente	pH	CE _{20°C}	Oxígeno disuelto	Cloruros	Bicarbonatos	Calcio	Magnesio	Nitrato	Amonio	Sodio	Potasio	RAS
14	-	dS/m	mg/L	mg/L	meq/L	meq/L	meq/L	mg NO ₃ /L	mg NH ₄ /L	mg/L	mg/L	(mmol/L) ^{1/2}
FEB 2015	7,61	0,572	11,55	11,80	3,64	3,07	0,56	10,35	0,020	12,35	2,43	0,398
ABR 2015	7,62	0,586	10,17	12,57	4,03	2,97	0,91	8,76	0,007	9,20	0,47	0,287
MAY 2015	7,54	0,528	9,57	11,72	4,72	6,50	1,52	11,31	0,002	9,40	0,16	0,204
MEDIA	7,59	0,562	10,43	12,03	4,13	4,18	1,00	10,14	0,010	10,32	0,99	0,297
σ	0,04	0,031	1,02	0,47	0,55	2,01	0,49	1,289	0,009	1,23	1,76	0,097
C.V. (%)	0,57	5,44	9,73	3,93	13,26	48,01	48,78	12,70	96,13	11,91	177,96	32,86

FICHA 15. EL PONTÓN

NOMBRE	MANANTIAL EL PONTÓN
NATURALEZA	MANANTIAL SURGENTE
USO	AGRICULTURA

IDENTIFICACIÓN	
REFERENCIA TRABAJO	PUNTO IGME
15	0015
IDENTIFICADOR IGME	OCTANTE
2825-3-0015	3



FIGURA 15. MANANTIAL EL PONTÓN

LOCALIZACIÓN				
MUNICIPIO	COORDENADA X (UTM ED50)	COORDENADA Y	COTA msnm	PROFUNDIDAD (m)
Viver	705641	4421654	550	0

LITOLOGÍA	LITOESTRATIGRÁFICO	GEOLÓGICO CONTINUO	HIDROGEOLOGÍA	HIDROGEOLOGÍA	PERMEABILIDAD	ARCILLAS
1:1.000.000	1:200.000	1:50.000	1:1.000.000	1:200.000	1:200.000	1:1.000.000
Calizas, dolomías y margas; conglomerados y areniscas	Permeabilidad muy alta. Travertinos	Calizas brechoides, travertinos, areniscas y limos	Permeabilidad 8: Formaciones extensas, en general de baja permeabilidad que puede albergar en profundidad. Margas y arcillas con alternancia de yesos y conglomerados.	Formaciones evaporíticas e ígneas.	Permeabilidad baja, descripción: detríticas	NO

TABLA ANÁLISIS												
Fuente	pH	CE _{20°C}	Oxígeno disuelto	Cloruros	Bicarbonatos	Calcio	Magnesio	Nitrato	Amonio	Sodio	Potasio	RAS
15	-	dS/m	mg/L	mg/L	meq/L	meq/L	meq/L	mg NO ₃ /L	mg NH ₄ /L	mg/L	mg/L	(mmol/L) ^{1/2}
FEB 2015	7,51	0,775	9,62	11,17	4,28	5,04	2,28	12,45	0,001	11,90	2,43	0,271
ABR 2015	7,62	0,777	9,30	12,72	3,98	5,19	2,12	13,00	0,007	10,55	1,66	0,240
MAY 2015	7,48	0,758	9,50	12,13	3,98	5,34	2,13	13,93	0,003	12,55	3,61	0,282
MEDIA	7,54	0,770	9,47	12,01	4,08	5,19	2,18	13,12	0,004	11,66	2,57	0,264
σ	0,07	0,010	0,16	0,78	0,17	0,15	0,09	0,744	0,003	0,98	1,02	0,022
C.V. (%)	0,98	1,34	1,71	6,53	4,17	2,91	4,01	5,67	77,07	8,44	39,76	8,31

4.2 ANÁLISIS COMPARATIVO ENTRE MANANTIALES

Tabla aptitud del agua para riego de los diferentes manantiales

		MANANTIALES														
PARÁMETRO		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
SALINIDAD	PERMEABILIDAD	A	B	B	A	A	A	A	B	A	B	B	A	B	B	A
	CLORUROS	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B
VARIOS	pH	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I

B: Buena;
A: Admisible;
M: Mediocre;
Ma: Mala;
I: Incluida.
En los límites
admisibles.

Tabla aptitud para consumo humano con valores de referencia R.D 140/2003

PARÁMETRO	NÚMERO DE REFERENCIA DE LOS MANANTIALES														
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
CLORUROS	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
CONDUCTIVIDAD A 20°	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
NITRATOS	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
AMONIO	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
SODIO	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
pH	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A

A: Apta
para
consumo
humano.

Tabla orientadores de calidad OMS (mg/L)

MANANTIALES															
Ref.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Ca	89,2	97,6	98,0	98,0	133,9	107,4	118,1	80,2	107,0	105,3	97,3	110,0	98,0	83,5	103,7
Na	7.9	9.1	9.6	11.1	15.3	7.3	16.4	5.7	9.2	9.2	7.4	10.3	8.62	10.3	11.6

Nota: Sombreados los manantiales que no superan el umbral gustativo establecido por la OMS.

Tabla de Dureza del agua.

MANANTIAL	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	12	14	15
DUREZA (° HF)	36,9	35,3	35,6	36,9	53,2	40,0	47,3	27,0	35,4	35,3	34,2	39,5	34,8	26,0	37,0

Ref: número del manantial en el trabajo. Ca: Calcio (mg/L); Na: Sodio (mg/L);

Tabla Mineralización según Conductividad Eléctrica. (CE_{20°C})

MANANTIAL	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Conductividad $\mu\text{S}/\text{cm}$	754	737	738	779	1098	768	955	577	718	734	733	810	718	561	770
G. Mineralización	M.A	M.M	M.M	M.A	M.A	M.A	M.A	M.M	M.M	M.M	M.M	M.A	M.M	M.M	M.A

M.A: Mineralización Alta; M.M: Mineralización Media; G: Grado

Tabla clasificación de los manantiales según los parámetros, ordenados de mayor a menor valor en cada parámetro (el número en cada columna es la referencia de la fuente).

ORDEN	pH	Cloruro	Nitrato	Amonio	CE _{20°C}	Mineralización	Na	K	Ca	Mg	Oxígeno	Salinidad por Permeabilidad	Bicarbonato	RAS	Dureza
1º	8	5	5	1	5	5	7	7	5	5	14	1	2	7	5
2º	12	7	12	5	7	7	5	5	7	7	8	4	7	14	7
3º	2	2	7	7	12	12	15	4	12	1	10	5	13	5	6
4º	15	12	15	10	4	4	4	9	6	6	9	6	4	15	12
5º	4	11	14	8	15	15	12	3	9	4	1	7	10	4	15
6º	6	13	11	14	6	6	14	2	10	12	3	9	5	12	1
7º	14	14	10	11	1	1	3	15	15	15	12	12	1	3	4
8º	13	15	13	3	3	3	10	1	3	3	7	15	11	10	3
9º	3	4	4	9	2	2	9	10	4	2	2	2	6	2	9
10º	1	10	3	12	10	10	2	13	13	13	11	3	3	9	10
11º	9	3	2	13	11	11	13	14	2	11	5	8	8	13	2
12º	5	8	1	15	13	13	1	6	11	10	4	10	9	1	13
13º	10	1	9	2	9	9	11	11	1	9	13	11	15	11	11
14º	11	9	6	4	8	8	6	12	14	8	15	13	12	6	8
15º	7	6	8	6	14	14	8	8	8	14	6	14	14	8	14

CE_{20°C}: Conductividad Eléctrica; RAS: Relación de adsorción de sodio; Na: Sodio; K: potasio; Ca: Calcio; Mg: Magnesio

4.3 CALIDAD DEL AGUA

1. MANANTIAL DE LA FUENSANTILLA: La aptitud para riego, es admisible para el parámetro permeabilidad, se localiza en un suelo con permeabilidad 4, limitada. El anexo 4 de la Normativa del Plan Hidrológico del Júcar aconseja vigilar la posible acción desfavorable del contenido global salino y no usarla en suelos de baja permeabilidad, sin embargo por su bajo contenido en cloruros y su rango de calidad del RAS es de los más bajos con respecto a los demás manantiales (S1, 0.18 (mmol/L)^{1/2}). Tiene un bajo contenido medio en nitratos respecto a los demás nacimientos 7.29 mg/L, sin embargo es la que más amonio contiene 0.039 mg/L, un máximo en el muestreo de Febrero de 0.081 mg/L. Presenta los valores más bajos de bicarbonato, calcio y sodio entre los manantiales estudiados. Agua de mineralización Alta ocupando la séptima posición de mayor a menor conductividad eléctrica respecto a los demás nacimientos. Subrayar que son aguas clasificadas como duras. Es el manantial que proporciona el agua a la localidad de Benafer. Es usado como abrevadero para rebaños de cabras y está próximo a la vía verde "Ojos Negros", lo que supone cierto riesgo de antropización.

2. MANANTIAL DE LA FUENSANTA: Buena aptitud del agua para riego en cuanto a permeabilidad, precisamente se encuentra en un terreno con permeabilidad limitada para la cual está indicada este tipo de agua. Buena aptitud también para cloruros, pero con nivel medio elevado y variable respecto al resto de nacimientos, 14 mg/L. Presenta valores de calcio y sodio por debajo de los umbrales gustativos. El sodio tiene un máximo en el muestreo de febrero, con un valor de 12.4 mg/L. Los valores de amonio y nitrato son muy bajos. Es el que mayor concentración media de bicarbonatos presenta 2.77 meq/L, con variación notable entre muestreos. Es usado también como abrevadero de rebaños de cabras y ovejas.

3. MANANTIAL DEL AGADÍN: Aptitud para riego tipo Buena en cuanto a permeabilidad, agua indicada para suelos de baja permeabilidad como es el caso de la zona del nacimiento. Buena aptitud para el parámetro cloruros, apareciendo el mayor contenido en abril con 12.3 mg/L y el menor en febrero con 8.9 mg/L. Contenido de sodio y calcio por debajo del umbral gustativo. El potasio aumenta de enero a mayo, desde 0.59 a 4.14 mg/L. El nivel más alto de nitratos aparece en abril con 9.0 mg/L y el de amonio en febrero con 0.017 mg/L, valores muy por debajo de los límites admisibles. La $CE_{20^{\circ}C}$ media es de 738 $\mu S/cm$. Se caracteriza por no presentar valores extremos ni muy altos ni muy bajos respecto a los otros manantiales.

4. SAN JUANA: Aptitud admisible en cuanto a permeabilidad, se aconseja no emplearlas en suelos con bajo drenaje y vigilar el contenido global salino, aunque como en todos los manantiales estudiados, la catalogación según SAR es S1. Aptitud tipo Buena respecto a cloruros para riego. Por debajo de los umbrales gustativos para calcio y sodio. El valor de potasio y magnesio se sitúa entre los manantiales con contenidos medios más elevados con 3.0 mg/L y 29.5 mg/L de media respectivamente. El contenido en potasio es elevado en el primer muestreo con un valor de 6.4 mg/L. Contiene valores muy bajos de amonio, casi inexistente, pero sí se obtiene un valor de nitratos medio de 8.3 mg/L y un máximo de 11.9 mg/L en abril. También presenta valores elevados de $CE_{20^{\circ}C}$, por lo que se trata de agua de mineralización Alta.

5. LA HEREDAD: Calidad de agua para riego admisible en cuanto a permeabilidad por lo que se deberá tener en cuenta las posibles acciones desfavorables en suelos de permeabilidad limitada. La zona de donde emerge lo es. Además el contenido global salino, es de los más elevados. Es la que mayor nivel de calcio tiene, con un máximo en mayo de 148.9 mg/L, aunque su media (133.9 mg/L) se encuentra dentro del rango del umbral gustativo. Es el punto con mayor nivel de nitratos detectados, con una media de 39.3 mg/L y un máximo de 42.4 mg/L en el muestreo realizado en abril, clasificado como concentración de nitratos media y próximo al límite admisible de 50 mg/L. Presenta también niveles elevados de cloruros, $CE_{20^{\circ}C}$, y Mg. Se sitúa en segunda posición en cuanto a niveles medios de amonio, aunque este es muy variable, con una media de 0.026mg/L, un máximo de 0.072 mg/L y un valor nulo en el muestreo de abril. Se trata de Agua de mineralización alta. Además es el manantial con el mayor grado de dureza 53.2 ° HF. Los elevados valores de nitrato y amonio, respecto de las demás fuentes, pueden ser debidos a la situación del manantial, que tiene por encima unos bancales con cultivos que son abonados

habitualmente por los agricultores existiendo, además, en las proximidades de la fuente una granja de porcino.

6. SANTA ÚRSULA: Admisible para riego de acuerdo con el parámetro Permeabilidad, se aconseja no emplearla en suelos poco permeables como el terreno del que nace, se aconseja vigilar la posible acción desfavorable del contenido global salino aunque su valor de RAS es demasiado bajo para ocasionar problemas de salinidad. Buena aptitud por cloruros, de hecho es el manantial que presenta menor contenido medio en cloruros, concretamente 8.4 mg/L; además, junto al manantial de la San Juana, es el de menor contenido medio en amonio 0.001 mg/L con un valor máximo en mayo de 0.002 mg/L y nulo en el resto de muestreos. Es el manantial que menor contenido medio presenta en oxígeno disuelto. También es de los que tiene los valores más bajos de nitratos respecto a los demás, sin embargo, tiene la $CE_{20^{\circ}C}$ elevada 769 $\mu S/cm$ por lo que es agua de mineralización alta, en gran parte, debido a su alto contenido en calcio y magnesio. El calcio se sitúa dentro del umbral gustativo con un valor medio de 107.41mg/L. Presenta un valor medio de 4.4 meq/L de bicarbonatos siendo de las fuentes con contenido más elevado. Sin embargo tiene bajo contenido medio en potasio 0.89 mg/L. Con este agua se llena el depósito que abastece a la población de Caudiel.

7. LOS NOGALES: De nuevo, aptitud admisible por permeabilidad, se aconseja no emplearla en tierras de permeabilidad baja, como es el caso del área de surgencia, además se recomienda vigilar la posible acción desfavorable del contenido global salino, que en este caso, aunque bajo, es el más elevado de todos los puntos analizados con un RAS máximo en mayo 0.342 (mmol/L)^{1/2} y medio de 0.329 (mmol/L)^{1/2}. Se encuentra dentro del umbral gustativo para calcio con 118 mg/L. Presenta el segundo valor más alto respecto a los otros manantiales para: cloruros con una media de 14.5 mg/L y un máximo de 18.4 mg/L en el muestreo de abril; $CE_{20^{\circ}C}$ media de 955 $\mu S/cm$; y también para el contenido medio de Ca, Mg y bicarbonatos. Ocupa la primera posición en cuanto a contenido en potasio con 4.79 mg/L de media. Y la tercera posición para el contenido en nitratos con un valor máximo de 23.0 mg/L en el análisis de abril y una media de 20 mg/L. Agua de mineralización Alta y es la que menor valor medio de pH tiene, con 7.49 unidades de pH. Presenta un grado de dureza de 47.3^o HF, lo que la cataloga dentro de las aguas duras. Presenta por encima de su cota diferentes bancales de cultivo.

8. RAGUDO: Respecto a los límites establecidos de salinidad para diagnosticar la aptitud para riego, es Buena en relación a la permeabilidad, está indicada para suelos de baja permeabilidad. Se cataloga como S1 según RAS y como C2 por su $CE_{20^{\circ}C}$ (577.4 $\mu S/cm$), siendo la segunda con menor CE, y con una mineralización media. Respecto a los orientadores de calidad de la OMS, tanto el calcio como el sodio están por debajo del umbral gustativo. Es la que menor contenido medio de potasio 0.6 mg/L y calcio 80.2 mg/L contiene, y la segunda con menor contenido de magnesio 16.6 mg/L. Además es el segundo manantial en cuanto a cantidad de oxígeno disuelto, con 10,17 mg/L. Es un agua de dureza intermedia. Cabe destacar que es el manantial con el mayor pH medio (7.74), con su valor más alto en el muestreo de Abril. Es el nacimiento que menos nitratos presenta, con una media de 5.84 mg/L. Destaca también un nivel bajo de amonio 0.01 mg/L muy por debajo del límite establecido. El contenido en potasio varía marcadamente desde 0 a 1.22 mg/L. Este manantial es el que proporciona el agua que llega a las Masías de Parrella y Masía del Sordo. Se sitúa en un enclave con presencia de rodeno.

9. FRANQUEZA: Aptitud admisible en cuanto a permeabilidad, se aconseja no emplearlas en suelos con bajo drenaje como es el caso de las zonas anexas al manantial, siendo aconsejable vigilar el contenido global salino, aunque como en todos, el valor del RAS es S1. La aptitud para riego es Buena respecto a cloruros, contenidos muy bajos respecto a los demás manantiales y un valor medio de 9.6 mg/L. También presenta niveles bajos de nitratos con una media de 7.3 mg/L y un mínimo de 6.7 mg/L en el muestreo realizado en abril. Presenta una $CE_{20^{\circ}C}$ media de 718 $\mu S/cm$, resultando un agua de mineralización media, aunque el calcio se encuentra por encima del umbral gustativo. Es de los manantiales con mayor contenido medio en potasio 2.9 mg/L, siendo su contenido variable entre muestreos, con un máximo en mayo de 5.5 mg/L. Por otro lado es de los de menor contenido medio en magnesio 20.5 mg/L.

10. OJOS DEL PRAO: Aptitud para riego buena en cuanto a permeabilidad. Este tipo de agua está indicada especialmente para suelos de baja permeabilidad. Su pH es de los menores con un valor medio de 7.71 unidades de pH. Se trata de agua de mineralización media, con una cantidad media de nitratos de 8.5 mg/L y un valor máximo de 8.90 mg/L en el muestreo realizado en mayo. Respecto al amonio, presenta una concentración media de 0.014 mg/L debida al contenido de amonio en febrero ya que en el resto de muestreos el contenido es nulo. El contenido medio de calcio supera el umbral gustativo con 105.4 mg/L.

11. FUENTE ALIAGA: Aptitud para riego buena en cuanto al parámetro permeabilidad, está indicada especialmente para suelos de baja permeabilidad, como son los campos cercanos al nacimiento. El contenido en Calcio se sitúa por debajo del umbral gustativo. Su pH medio es 7.63, siendo uno de los más bajos que se han medido en este trabajo. Además también presenta contenidos en sodio, potasio y magnesio bajos respecto a los demás manantiales, aunque la concentración de sodio es mucho mayor en el mes de febrero. Su contenido medio en cloruros es de 13.7 mg/L, aunque presenta grandes variaciones en los diferentes muestreos, registrando su máximo en el muestreo de febrero con 20.2 mg/L. El valor de conductividad eléctrica medio es 733 $\mu\text{S}/\text{cm}$ por lo tanto se trata de agua de mineralización media. Los contenidos en nitrato no varían demasiado en los tres muestreos manteniéndose entre 8.5 y 8.8 mg/L.

12. LA TEJERÍA: Se trata de un agua con aptitud Admisible por permeabilidad para uso agrícola, por lo que es aconsejable no emplearlas en suelos con drenaje impedido, como pasa en su zona de emergencia. Supera el umbral gustativo para calcio con un valor medio de 110 mg/L Presenta una $CE_{20^{\circ}\text{C}}$ de 810 $\mu\text{S}/\text{cm}$ por lo que se trata de agua de mineralización alta, lo que podría atribuirse al alto contenido en calcio, sodio 10.3 mg/L y magnesio 28.5 mg/L. Su contenido en cloruros es también elevado llegando hasta 16.7 mg/L en el muestreo de abril y con un promedio de 13.9 mg/L. Por el contrario tiene poco contenido de potasio 0.69 mg/L de media respecto a los demás manantiales, sin embargo es bastante variable en el tiempo. Cabe destacar su alto contenido en nitratos respecto a los demás, con 28.6 mg/L de media y un máximo en el muestreo de abril de 41.9 mg/L, catalogado como concentración de nitratos media y casi en el límite admisible de 50 mg/L. Por encima de la fuente se encuentran las denominadas Casas del Cristo.

13. MANANTIAL DE SAN MIGUEL: Aptitud para riego buena en cuanto a permeabilidad por lo que se recomienda especialmente para suelos con baja porosidad, como los terrenos anexos al manantial. Cumple también los límites de salinidad establecidos para cloruros dando como resultado un tipo de aptitud buena para riego en cuanto a este elemento. Se aprecian diferencias notables entre muestreos siendo la cantidad media de 13.0 mg/L, pero con valores de hasta 18.1 mg/L en el muestreo de febrero. Presenta una $CE_{25^{\circ}\text{C}}$ 718.6 $\mu\text{S}/\text{cm}$, que se traduce en agua de mineralización media. Contiene 8.4 mg/L media de nitratos y 0.05 mg/L de media en amonio, aunque no se detecta este catión en los muestreos de febrero y abril, considerándose los niveles como muy bajos. El contenido medio en calcio es de 98.0 mg/L y el de magnesio de 24.6 mg/L. El sodio alcanza su valor máximo en el muestreo de febrero con 9.7 mg/L, muy por debajo del valor del umbral gustativo propuesto por la OMS. Es un manantial que después de pasar por el tratamiento pertinente abastece a la población de Viver.

14. FUENTE DE LA CHANA: Agua con un aptitud para riego buena en cuanto a permeabilidad, indicada especialmente para suelos de baja porosidad, como es el caso de los terrenos colindantes. Destaca el valor de la $CE_{20^{\circ}\text{C}}$ con 562 $\mu\text{S}/\text{cm}$, ya que es el de menor cuantía de los estudiados, con un agua de mineralización media. Sin embargo es de los nacimientos con mayor valor medio de RAS con 0.297 $(\text{mmol}/\text{L})^{1/2}$. Su cantidad de cloruros media es de 12.03 mg/L. En cuanto al contenido de nitratos, su valor más elevado se obtiene en el muestreo de mayo con 11.4 mg/L y el mínimo en Abril con 8.8 mg/L. El nivel de amonio más alto se registra en el muestreo de febrero con 0.02 mg/L que desciende hasta los 0.002 mg/L en el muestreo de mayo. El contenido medio de calcio es de los más bajos entre los manantiales estudiados, con una media de 83.6 mg/L, pero con un máximo en mayo de 130 mg/L. El contenido de sodio y potasio tienen su máximo en el muestreo de febrero con 12.4 y 2.4 mg/L, respectivamente. El contenido en oxígeno disuelto disminuye desde febrero a mayo. Es de los 15

manantiales estudiados el que presenta el grado más bajo de dureza 26^ºHF, siendo clasificada el agua como de dureza intermedia.

15. MANANTIAL EL PONTÓN: Se trata de un agua para uso agrícola con aptitud Admisible por permeabilidad, por lo que es aconsejable no emplearlas en suelos con drenaje impedido. También se propone vigilar la posible acción desfavorable del contenido global salino. Muestra un RAS de 0.264 (mmol/L)^{1/2} situándose en el cuarto lugar con mayor ratio de adsorción del sodio. El contenido medio de cloruros es de 12.0 mg/L y se mantiene más o menos constante. La CE presenta un valor medio de 770 μ S/cm y es, por lo tanto, un agua de mineralización Alta. Su contenido medio en sodio es de 11.7 mg/L. Está dentro del umbral gustativo para calcio con una media de 103.7 mg/L. El contenido en potasio es mayor en el muestreo de mayo llegando hasta 3.6 mg/L y mucho menor en el de abril con 1.7 mg/L. Muestra un contenido medio de nitratos de 13.1 mg/L con un máximo de casi 14.0 mg/L. Este manantial se encuentra próximo a la depuradora de Viver.

4.4 CARACTERÍSTICAS COMUNES EN LOS MANANTIALES

Hay que decir que algunos datos aportados por la Base de Puntos de Agua del IGME, como la pertenencia de algún manantial al municipio, son erróneos, y se ha corregido al añadirlo al documento.

Respecto a la aptitud para consumo humano, según los valores de referencia del *R.D. 140/2003* analizados, ningún manantial los supera, por lo que podrían usarse todos para este fin. Sólo los manantiales con número de referencia 1, 6, 8 y 13 tienen como destino el abastecimiento a núcleos urbanos, sin embargo, no es extraño encontrar personas en las diversas fuentes llenando botellas de agua para su consumo habitual. Los informes de ensayo solicitados a los ayuntamientos en referencia al agua que abastece a la población, son coherentes con los análisis realizados para este trabajo.

Vistos los datos, se puede decir que las aptitudes para riego de los manantiales elegidos varían entre BUENA y ADMISIBLE para el parámetro de permeabilidad. No presentan salinidad por cloruros y están dentro de los límites de pH. El valor de calidad por conductividad varía entre un C2, presentándose en siete de los quince manantiales y C3 en ocho de ellos. El valor de calidad RAS para todos es S1, y la aptitud por salinidad en cloruros de Buena. La conductividad eléctrica oscila entre 561 y 1098 μ S/cm, obteniéndose ocho manantiales con Mineralización Media y siete con Mineralización Alta.

A su vez siete de los quince manantiales sobrepasan el valor orientativo de calidad para calcio. La presencia natural de calcio es debida al proceso natural de disolución-precipitación típico de los terrenos calizos tan abundantes en los tres términos municipales; junto al magnesio, menos abundante, y que depende casi exclusivamente de los terrenos que atraviesa, indican la dureza del agua. Es por ello que se han obtenido dos manantiales con aguas de dureza intermedia, con un mínimo de 26^º HF y trece fuentes con aguas duras con un máximo de 53^º HF.

Los niveles de nitratos, amonio y cloruros son los que más variabilidad temporal presentan para un mismo manantial, aunque ninguna de las fuentes evaluadas supera los límites establecidos. La concentración de nitratos es baja en trece manantiales y Media en dos de ellos, según la clasificación de los valores de referencia de la CHJ expuestos en la tabla 9 del ANEXO 2. En el caso de cloruros, puede deberse a aportes de fuentes naturales, aguas residuales o vertidos industriales, en el caso del amonio, las concentraciones naturales en aguas subterráneas suelen ser menores de 0.2 mg/L, como es el caso, pero las aguas subterráneas anaerobias pueden contener hasta 3 mg/L ya que el amonio es un indicador de posible contaminación del agua con bacterias, aguas residuales o residuos de animales, así pues los registros de un aumento de estas concentraciones, aunque a pequeña escala, podría ser debido a este motivo. Respecto a la variación temporal del nivel de nitratos, ninguna presenta concentraciones superiores al límite establecido en la legislación de referencia, aunque el manantial con referencia 5 y 12 presentan, en alguna ocasión, valores próximos a él. La concentración natural de nitratos en aguas subterráneas y superficiales suele ser baja, pero la contaminación por nitratos es uno de los problemas de calidad de las aguas subterráneas más extendidos en España debido a la contaminación difusa que provocan las actividades agropecuarias, fundamentalmente por el uso excesivo o inadecuado de

fertilizantes nitrogenados y también por un manejo incorrecto de los residuos ganaderos. Las fuentes estudiadas se sitúan cerca de campos de cultivo, con aplicaciones de fertilizantes nitrogenados, que al pasar a nitratos y ser solubles en agua, alcanzan rápidamente las aguas subterráneas aumentando la concentración en los acuíferos. De manera que, podría decirse, que estos manantiales al encontrarse sometidos a una presión que puede conllevar a la contaminación por nitratos de estos acuíferos, pueden considerarse como vulnerables y deberían someterse a planes de prevención para no superar el límite máximo permitido y pasar a estar contaminados por el ion nitrato.

En cuanto al oxígeno disuelto, se trata de un indicador. Valores por debajo de 4 mg/L marcan el límite habitable para peces y demás organismos acuáticos. Los valores obtenidos en todos los puntos, indican que no existen sustancias consumidoras de este elemento, por lo que no hay contaminación orgánica y no es limitante para la fauna acuática.

CONCLUSIONES

5. CONCLUSIONES

En este trabajo se presentan los resultados de la calidad físico-química del agua correspondientes a diferentes manantiales de la zona del Alto Palancia. A partir de la recopilación y tratamiento de la información obtenida de los quince manantiales de agua de origen subterráneo en los términos municipales de Benafer, Caudiel y Viver, a lo largo de tres muestreos realizados en un período de cinco meses, y tras la evaluación del estado fisicoquímico de los mismos, se obtienen las siguientes conclusiones:

- ✓ Como resultado del estudio de la evaluación del estado químico, todos los manantiales podrían llegar a ser puntos para abastecimiento de la población al no superar los valores de referencia del R.D 140/2003, para los parámetros estudiados. Tienen calidad suficiente como para abastecer a los municipios (sin considerar aspectos microbiológicos).
- ✓ Todos los manantiales son aptos para uso como agua de riego en cuanto a los parámetros cloruro y pH; a su vez, ocho de ellos tienen una aptitud Admisible y siete de ellos la tienen Buena, para el parámetro permeabilidad. Por lo que todas las fuentes son aptas para el riego.
- ✓ Se clasifican ocho manantiales con Mineralización Media y siete con Mineralización Alta. El punto que presenta el valor más elevado es el manantial de la Heredad (Caudiel), y el de menor mineralización es La Chana (Viver). La dureza de las aguas se resume en: dos tipos, los de dureza intermedia, entre los que destaca la fuente de La Chana con el menor grado de dureza, y los de agua catalogada como dura, entre los que se encuentran trece de los quince manantiales estudiados, destacando el Manantial de la Heredad con el mayor grado.
- ✓ Los valores obtenidos en los análisis temporales, aportan información relativa a la evolución de las tendencias de las concentraciones de los diferentes elementos, lo que supone una herramienta de ayuda en la toma de decisiones futuras para poner a buen recaudo este valioso recurso. Ahora sí pues, en cuanto a las Normas de Calidad Ambiental, los acuíferos estudiados se encuentran en Buen estado químico respecto a la concentración de nitratos. Los niveles de nitratos no superan el límite de 50mg/L, La evaluación del estado global de una parte de los acuíferos de la masa subterránea de Jérica, se obtendría conjuntamente con los datos del estado cuantitativo (piezometría).
- ✓ De esta manera, y atendiendo a los límites establecidos, se cumple el objetivo último de la Directiva Marco del Agua en lo relativo al estado químico de estos manantiales que se encuentran dentro de la masa Jérica, mostrando un buen estado químico de las aguas, lo que coincide con la caracterización que le da la CHJ a esta masa. No obstante, tanto el nitrato como el amonio y los cloruros, que son elementos indicadores de la contaminación, se han mostrado como elementos variables a lo largo de los muestreos realizados, llegando en ciertas fechas a alcanzar valores elevados. Por todo esto, sería conveniente aplicar el principio de prevención. Es decir realizar periódicamente análisis para poder detectar a tiempo algún problema con estos iones, y poder evitar cualquier cambio en las propiedades de los acuíferos que suponga su deterioro. Por ejemplo, sería conveniente informar a través de las cooperativas a los agricultores de los riesgos del mal uso de los fertilizantes nitrogenados y el vertido de residuos en zonas no autorizadas.
- ✓ En definitiva, se ha obtenido un documento que recoge, resume y da acceso a la información relevante de los quince manantiales estudiados para que se valore y quede constancia de la importancia del agua en dicho territorio. Al ser aguas de buena calidad es importante seguir en esta línea para poder mantener sus usos actuales y asegurar su papel en el ecosistema que, entre otros fines, es un atrayente para el turismo.

BIBLIOGRAFÍA

6. BIBLIOGRAFÍA

ANTHOS (2012a). SISTEMA DE INFORMACIÓN SOBRE LAS PLANTAS DE ESPAÑA. *Mapa de distribución. Cartografía Ambiental*. [Base de datos en línea] Disponible en: <http://www.anthos.es>. (28/07/2015).

ANTHOS (2012b). SISTEMA DE INFORMACIÓN SOBRE LAS PLANTAS DE ESPAÑA. REAL JARDÍN BOTÁNICO. [Base de datos en línea]. *Listado sobre las plantas de la zona*. Disponible en:

<http://www.anthos.es/php/pdfinfo.php?action=municipales&municipio=12859>. Para Benafer (29/07/2015).

<http://www.anthos.es/php/pdfinfo.php?action=municipales&municipio=12872>. Para Viver (29/07/2015).

<http://www.anthos.es/php/pdfinfo.php?action=municipales&municipio=12842>. Para Caudiel (29/07/2015).

AP (2014). ALTO PALANCIA. *Comarca Rural. El Alto Palancia*.

Disponible en: <http://www.comarcarural.com/altopalancia/>. (4/05/2015).

ARGOS (2015). PORTAL DE INFORMACIÓN DE LA DIRECCIÓN DE ANÁLISIS Y POLÍTICAS PÚBLICAS DE LA PRESIDENCIA DE LA GENERALITAT. *Banco de datos municipal*. Disponible en:

http://www.argos.gva.es/bdmun/pls/argos_mun/DMEDB_UTIL.INDEXC. (18/06/2015).

DIPUTACIÓN DE CASTELLÓN (2015). *Infraestructuras y equipamientos locales*. Disponible en:

http://sig.dipcas.es/visorDC/index.html?config=config_eiel_2014.xml. (4/04/2015).

BDBD (2003). BANCO DE DATOS DE BIODIVERSIDAD, COMUNIDAD VALENCIANA. *Buscador de fauna de los municipios*. Disponible en:

http://bdb.cma.gva.es/web/acciones.aspx?url=http://bdb.cma.gva.es/arbhol.htm&logo=http://bdb.cma.gva.es/bdb_b.jpg&an=http://bdb.cma.gva.es/bdb2.jpg&gana=UA-16710898-11/. (28/06/2015).

CEDEX (2015a). CENTRO DE ESTUDIOS Y EXPERIMENTACIÓN DE OBRAS PÚBLICAS. *Centro de Estudios Hidrográficos*.

Disponible en: http://www.cedex.es/CEDEX/LANG_CASTELLANO/ORGANISMO/CENTYLAB/CEH/. (4/03/2015).

CEDEX (2015b). *Instituciones, Funciones y Clasificación*. Disponible en:

<http://hispagua.cedex.es/instituciones/confederaciones/funciones>. (16/02/2015).

CEDEX (2015c). *Distribución de Competencias*. Disponible en: hispagua.cedex.es/instituciones/distribución. (25/06/2015).

CHG (2007). CONFEDERACION HIDROGRÁFICA DEL GUADALQUIVIR. *Informe sobre la calidad de las aguas subterráneas en la cuenca del Guadalquivir durante el año 2007*. Disponible en:

https://www.chguadalquivir.es/export/sites/default/portalchg/laDemarcacion/guadalquivir/calidadAguas/inform.esCalidad/ficheros/informe_2007_ed2.pdf. (2/03/2015).

CHJ (1997). CONFEDERACIÓN HIDROGRÁFICA DEL JÚCAR. *Anejo 4 de la Normativa del Plan Hidrológico del Júcar*.

<http://www.chj.es/es-es/medioambiente/planificacionhidrologica/Documents/Plan%20Hidrologico%20Cuenca/NORMATIVA.pdf>

CHJ (2007). *PLAN HIDROLÓGICO DEL JÚCAR- 2007-2003. TOMO VI. Anejo nº4 sistemas de explotación*. Disponible en:

<http://www.chj.es/es-es/medioambiente/planificacionhidrologica/Documents/Plan%20Hidrologico%20Cuenca/ANEJON4SISTEMASDEEXPLORACION.pdf>.

CHJ (2009a) SIA. JÚCAR. SISTEMA DE INFORMACIÓN DEL AGUA DE LA CONFEDERACIÓN HIDROGRÁFICA DEL JÚCAR.

[VISOR CARTOGRÁFICO]. *Masas de Agua Subterránea*. [MAPA] *Masas de Agua Subterránea del Plan Hidrológico del Júcar (PHJ) 2009-2015*. [Servicios WMS] Disponible en: <http://aps.chj.es/idejucar/>. Ruta de acceso: página de inicio; añadir: Masas de Agua Subterránea. (12/02/2015).

CHJ (2009b). SIA. JÚCAR. *Subcuencas Hidrográficas Clasificadas*. [MAPA] *Subcuencas hidrográficas clasificadas según el CEH. E: 1:50.000*. [Servicios WMS] Disponible en: <http://aps.chj.es/idejucar/>. Ruta de acceso: página de inicio; añadir; subcuencas. (12/02/2015).

CHJ (2009c). SIA. JÚCAR. *Zonas Agrarias*. [MAPA] *Zonas Agrarias definidas en el Plan Hidrológico del Júcar 2009-2015*. [Servicios WMS] Disponible en: <http://aps.chj.es/idejucar/>. Ruta de acceso: página de inicio; añadir: Zonas Agrarias. (12/02/2015).

CHJ (2009d). SIA. JÚCAR. *Unidades de Demanda Agrícola PHJ 2009. Comunidades de regantes principales*. [DATOS] [Servicios WMS] Disponible en: <http://aps.chj.es/idejucar/>. Ruta de acceso: página de inicio; añadir: Unidades de Demanda Agrícola PHJ 2009; Formularios; (UDA): Regadíos aguas arriba del embalse del Regajo. (12/02/2015).

CHJ (2009 e). SIA. JÚCAR. *Unidades de Demanda Agrícola PHJ 2009. Comunidades de regantes principales*. [DATOS] Datos varios sobre la demanda agrícola. [Servicios WMS]. Disponible en: <http://aps.chj.es/idejucar/>. Ruta de acceso: página de inicio; Datos; Usos, demandas y presiones; Demandas; Demanda Agrícola; Por UDA: Regadíos aguas arriba del embalse del Regajo. (12/02/2015).

CHJ (2010). *Hidrometría (Manantiales)* Disponible en: <http://www.chj.es/es-es/medioambiente/redescontrol/Paginas/Hidrometria.aspx>. (15/02/2015).

CHJ (2012). *Asistencia técnica para la explotación de la red de seguimiento del estado químico de las aguas subterráneas en el ámbito de actuación de la Confederación Hidrográfica del Júcar. Informe de campaña- otoño 2012*. Disponible en:

<http://www.chj.es/es-es/medioambiente/redescontrol/Paginas/InformeSubterraneeasVigilancia.aspx>. (2/01/2015)

CHJ (2013). *Evaluación del estado de las masas de agua superficial y subterránea. Demarcación Hidrográfica del Júcar*. Anejo XII de la memoria del Plan Hidrológico de cuenca. 2009-2015. Disponible en: http://www.chj.es/es-es/medioambiente/planificacionhidrologica/Documents/Plan-Hidrologico-cuenca-2009-2015/PHJ09_Anejo12_Estado_13julio.pdf. (6/03/2015)

CHJ (2014). *Memoria – Anejo 12. Evaluación del estado de las masas de agua superficial y subterránea*. Julio 2014. Disponible en:

http://www.chj.es/es-es/medioambiente/planificacionhidrologica/Documents/Plan-Hidrologico-cuenca-2009-2015/PHJ09_Anejo12_Estado_13julio.pdf. (25/06/2015).

CITMA. (2012b) INSTITUTO DE INFORMACIÓN CIENTÍFICA Y TECNOLÓGICA. CONSELLERIA D'INFRAESTRUCTURES, TERRITORI I MEDI AMBIENT. *Mapa De Ecosistemas Forestales –PATFOR*. [MAPA] (Visor Web) Disponible en: http://cartoweb.cma.gva.es/visor/index.html?modo=web&temas=Web_Espacios_Protegidos&capas=parques_y_rutas&xmin=698417.2155723755&ymin=4280124.909680401&xmax=733507.6503365784&ymax=4300464.794110171. (2/03/2015)

CITMA (2001). *Mapa de Fisiografía (COPUT-1992)*. [MAPA] (Visor Web) Disponible en:

http://cartoweb.cma.gva.es/visor/index.html?modo=web&temas=Web_Espacios_Protegidos&capas=parques_y_rutas&xmin=698417.2155723755&ymin=4280124.909680401&xmax=733507.6503365784&ymax=4300464.794110171. (3/04/2015)

CITMA (2012a). *Mapa de Zonas de potencialidad bioclimática actual en terreno forestal – PATFOR* [MAPA] (Visor Web) Disponible en:

http://cartoweb.cma.gva.es/visor/index.html?modo=web&temas=Web_Espacios_Protegidos&capas=parques_y_rutas&xmin=698417.2155723755&ymin=4280124.909680401&xmax=733507.6503365784&ymax=4300464.794110171. (23/06/2015).

CITMA (2014). *Mapa de Espacios Protegidos* [MAPA] (Visor Web) Disponible en:

http://cartoweb.cma.gva.es/visor/index.html?modo=web&temas=Web_Espacios_Protegidos&capas=parques_y_rutas&xmin=698417.2155723755&ymin=4280124.909680401&xmax=733507.6503365784&ymax=4300464.794110171. (2/02/2015).

CONAMA. (2007). CONGRESO NACIONAL DEL MEDIO AMBIENTE. *Cumbre del desarrollo sostenible. Protección de las aguas subterráneas. Documento preliminar*. Disponible en:

http://www.dipucadiz.es/export/sites/default/galeria_de_ficheros/medio_ambiente/docu_cursos_jornadas/jornada-agua-subterranea/informacion_general/Proteccion-de-Aguas-Subterraneeas.pdf. (2/02/2015).

COOPERATIVA DE VIVER. ALTO PALANCIA COOP. OLEICOLA SERRANA DEL PALANCIA, COOP. V, 2015. Datos relativos al uso del agua para goteo en Viver. Comunicado el 2 de Julio de 2015.

DTV (2013). DIVISIÓ TERRITORIAL VALENCIANA. *La división territorial Valenciana: antecedentes, problemas y política de la Generalitat*. Disponible en:

http://www.fundacionexe.org/documents/Investigaciones_Geograficas_59_01.pdf. (4/06/2015).

- FACSA (2009). *FOMENTO AGRÍCOLA CASTELLONENSE. Ciclo Integral del Agua. Calidad del Agua. La Dureza del Agua*. Disponible en: <http://www.facsa.com/el-agua/calidad/la-dureza-del-agua#.VbD8Ovntmko>. (2/02/2015).
- IGME (2015). INSTITUTO GEOLÓGICO Y MINERO DE ESPAÑA. [Visor cartográfico] Diversos mapas y metadatos. Disponible en: <http://info.igme.es/visor/>. (15/03/2015)
- LLORCA R, BAUTISTA I. (2006). *PRÁCTICAS DE ATMÓSFERA, SUELO Y AGUA*. Ed. UPV. Universidad Politécnica de Valencia. 107 pp.
- MAAMA (1998). *Libro Blanco del Agua en España*. Documento de síntesis, Madrid. Disponible en: <http://www.magrama.gob.es/es/agua/temas/planificacion-hidrologica/libro-blanco-del-agua/>. (5/01/2015)
- UE (2000). *Directiva 2000/60/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 23 de Octubre de 2000, por la que se establece un marco comunitario de actuación en el ámbito de la política de aguas. DO L, 327*. Disponible en: (<http://www.boe.es/buscar/doc.php?id=DOUE-L-2000-82524>). (20/05/2015)
- MAAMA (2015a). MINISTERIO DE AGRICULTURA, ALIMENTACIÓN Y MEDIO AMBIENTE. *Estado y Calidad de las aguas. Aguas Subterráneas*. Disponible en: <http://www.magrama.gob.es/es/agua/temas/estado-y-calidad-de-las-aguas/aguas-subterranas/>. (15/01/2015).
- MAAMA (2015b). *Confederaciones Hidrográficas*. Disponible en: <http://www.magrama.gob.es/es/ministerio/funciones-estructura/organizacion-organismos/organismos-publicos/confederaciones-hidrograficas/default.aspx>. (5/01/2015).
- MAAMA (2015c). *Red de Alerta Saica*. Disponible en: <http://www.magrama.gob.es/es/agua/temas/estado-y-calidad-de-las-aguas/aguas-superficiales/programas-seguimiento/saica.aspx>. (5/01/2015).
- OMS (2008). ORGANIZACIÓN MUNDIAL DE LA SALUD. *Guidelines for Drinking Water Quality (Third Edition) Vol 1. Recomendaciones. Capítulo 8: Aspectos químicos y Capítulo 10 Aspectos relativos a la aceptabilidad*. Disponible en: http://www.who.int/water_sanitation_health/dwg/gdwq3rev/es/. (4/02/2015).
- SIGPAC (2015) SISTEMA DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA DE PARCELAS AGRÍCOLAS. *Capa Parcelas*. [MAPA] [Visor Web] Disponible en: <http://sigpac.mapa.es/fega/visor/>. Visto 3 de Enero de 2015
- REAL DECRETO 140/2003, de 7 de febrero, por el que *se establecen los criterios sanitarios de la calidad del agua de consumo humano*. BOE» núm. 45, de 21 de febrero de 2003, páginas 7228 a 7245 (18 págs.) Disponible en: <http://www.boe.es/buscar/doc.php?id=BOE-A-2003-3596>. (30/06/2015)
- REAL DECRETO 1514/2009, de 2 de Octubre, por el que *se regula la protección de las aguas subterráneas contra la contaminación y el deterioro*. BOE núm. 255, de 22 de octubre de 2009, páginas 88201 a 88215 (15 págs.) Disponible en: <http://www.boe.es/buscar/doc.php?id=BOE-A-2009-16772>. (30/06/2015)
- (RS, 2015) RECURSOS SUBTERRÁNEOS DEL MINISTERIO AGRICULTURA ALIMENTACIÓN Y MEDIO AMBIENTE. [VISOR CARTOGRÁFICO] Consulta de cartografía y diversos metadatos. Disponible en: <http://sig.magrama.es/recurssosub/>. (3/03/2015).
- TERRASIT (2009). GEOPORTAL DE INFORMACIÓN GRÁFICA DE LA GENERALITAT VALENCIANA. *Mapa Temperatura media anual, mensual y estacional*. Atlas climático Comunidad Valenciana. [Mapa digital]. Disponible en: <http://terrasit.gva.es/es/ver>. (5/01/2015).
- UE (2006). Directiva 2006/118/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 12 de diciembre de 2006, relativa a la protección de las aguas subterráneas contra la contaminación y el deterioro. *DO L, 372*. Disponible en: <http://www.boe.es/buscar/doc.php?id=DOUE-L-2006-82677>. (4/04/2015).
- WBCS (2015). WORLDWIDE BIOCLIMATIC CLASSIFICATION SYSTEM, 1996-2015, S.RIVAS-MARTINEZ & S.RIVAS-SAENZ, *Phytosociological Research Center, Spain*. Figuras, diagramas y datos relativos al clima y la vegetación. Disponible en: <http://www.globalbioclimatics.org>. (27/06/2015).
- WWAP (2015) UNITED NATIONS WORLD WATER ASSESSMENT PROGRAMME. *The United Nations World Water Development Report 2015: Water for a Sustainable World*. Paris, UNESCO. Disponible en: http://www.unesco.org/new/fileadmin/MULTIMEDIA/HQ/SC/images/WWDR2015Facts_Figures_SPA_web.pdf. (2/03/2015).

ANEJOS

ANEJO 1. CARTOGRAFÍA

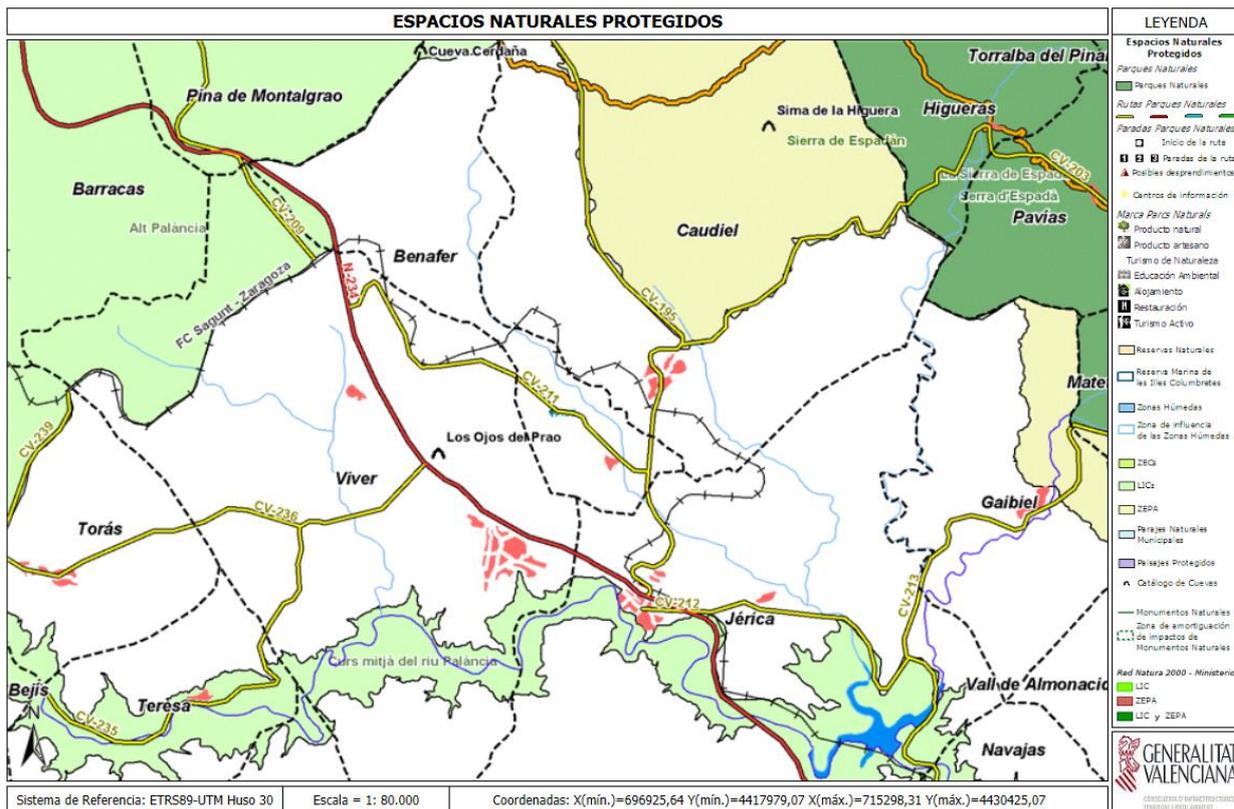


FIGURA 11. MAPA DE ESPACIOS NATURALES PROTEGIDOS, ADAPTADO A LA ZONA DE ESTUDIO. FUENTE: CITMA, 2012.

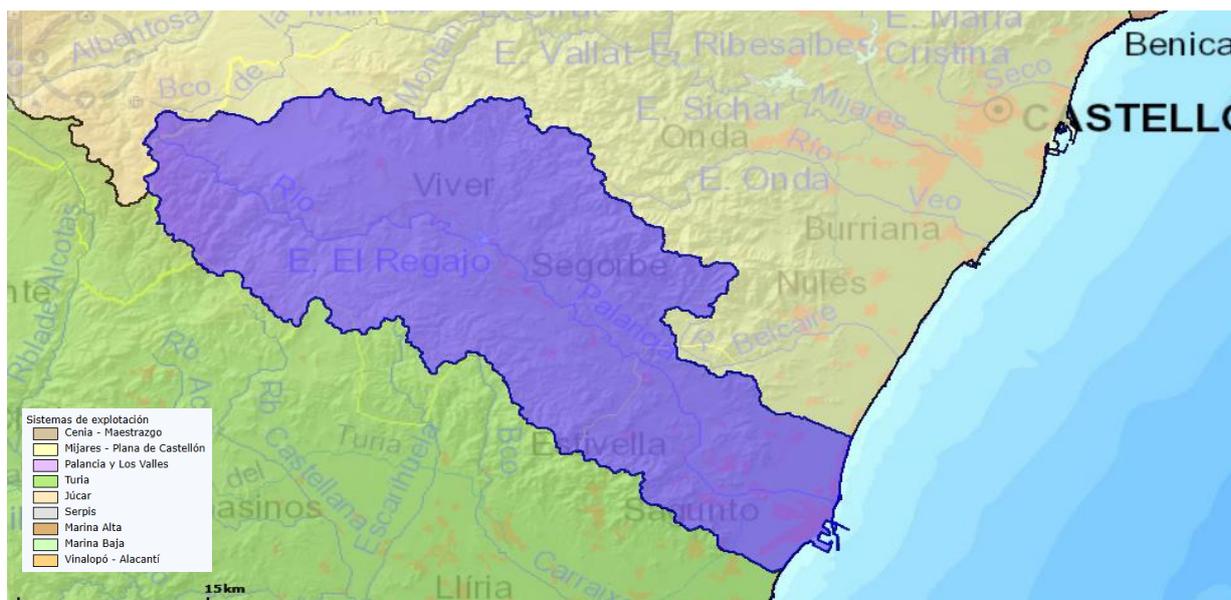


FIGURA 12. MAPA DEL SISTEMA DE EXPLOTACIÓN PALANCIA-LOS VALLES, ADAPTADO A LA ZONA DE ESTUDIO. FUENTE: CHJ, 2007.

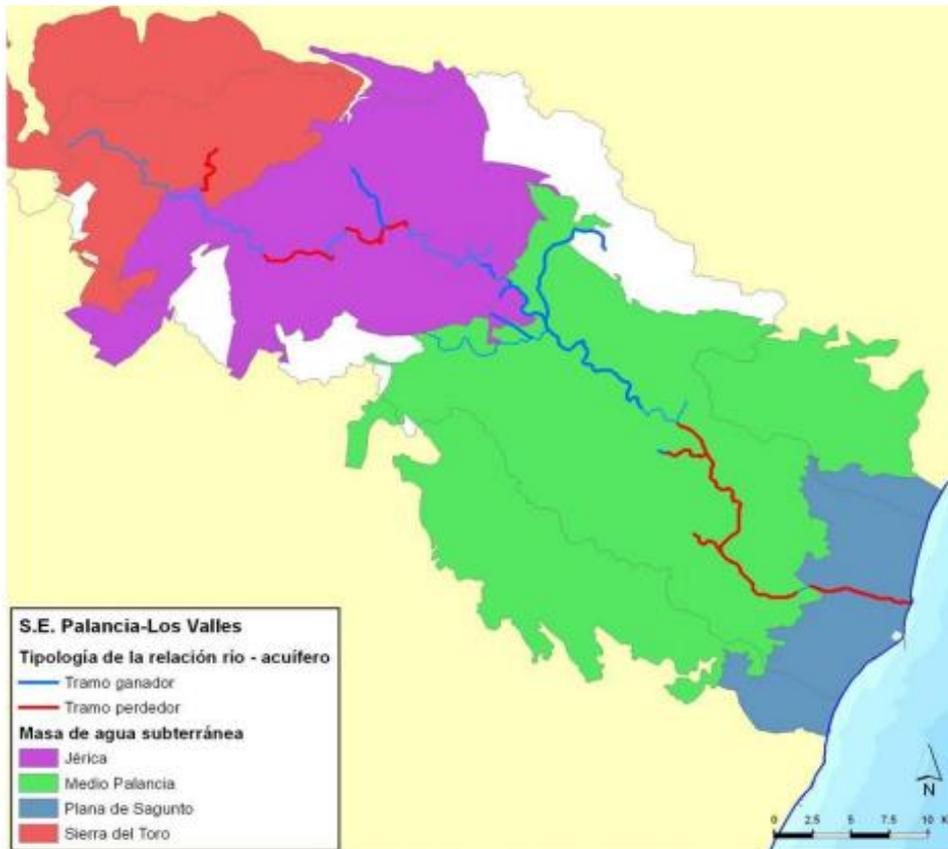


FIGURA 13. MAPA SOBRE TIPOLOGÍA DE LA RELACIÓN RÍO-ACUÍFERO EN EL SISTEMA DE EXPLOTACIÓN PALANCIA -LOS VALLES. FUENTE: CHJ, 2007.

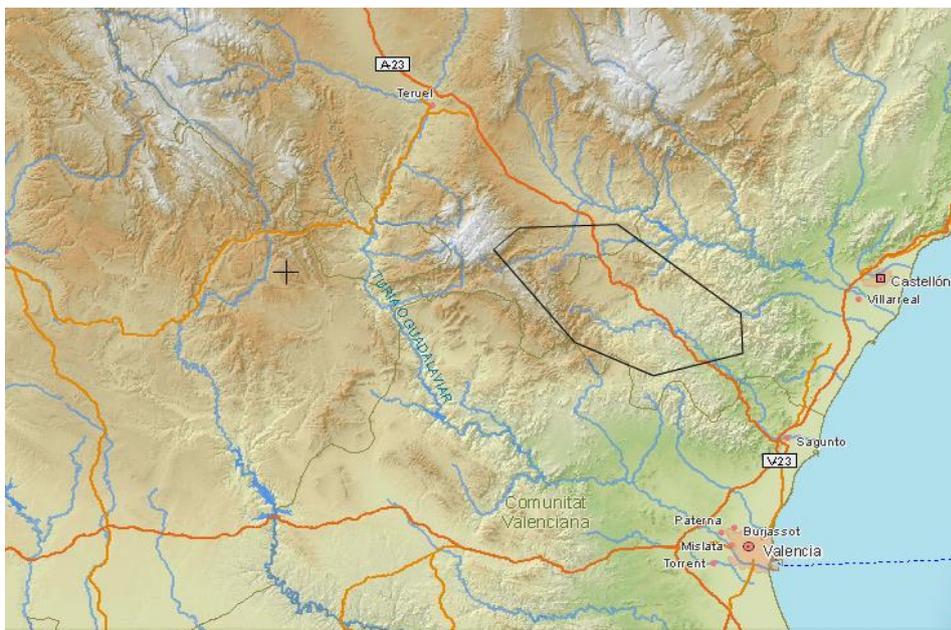


FIGURA 14. MAPA DE LA UNIDAD HIDROGEOLÓGICA Nº 14. FUENTE: RECURSOS SUBTERRÁNEOS (RS, 2015).

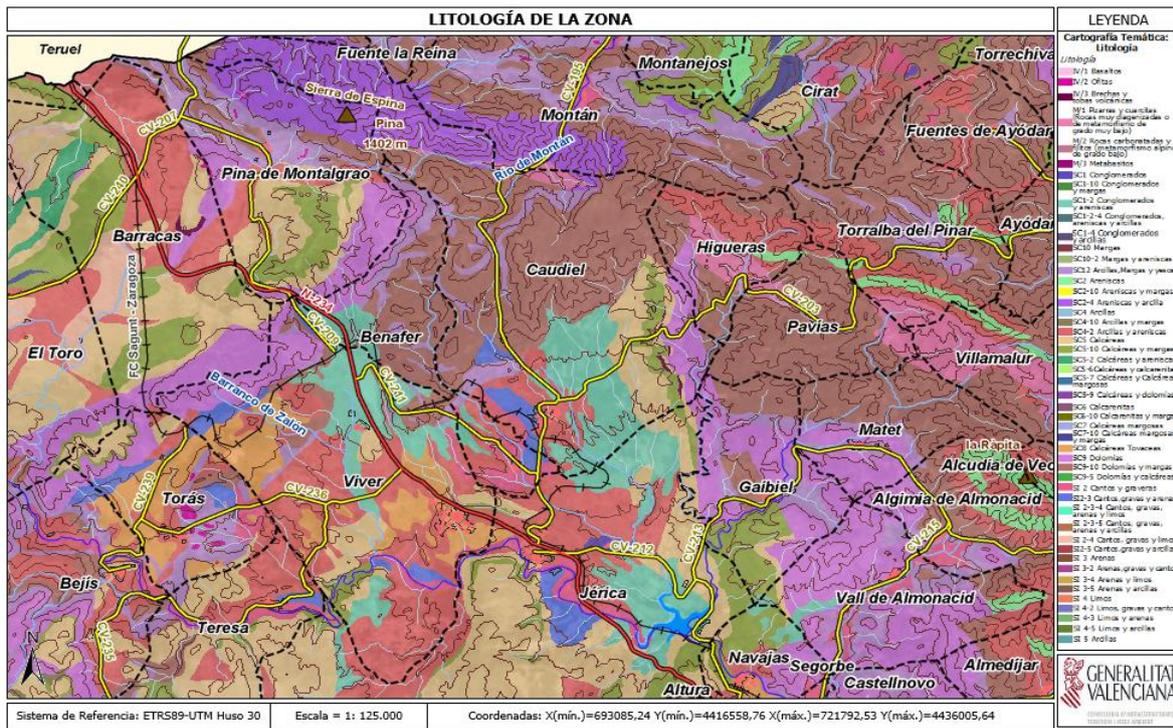


FIGURA 15. MAPA LITOLÓGICO ADAPTADO A LA ZONA DE ESTUDIO. FUENTE: CITMA, 2012.

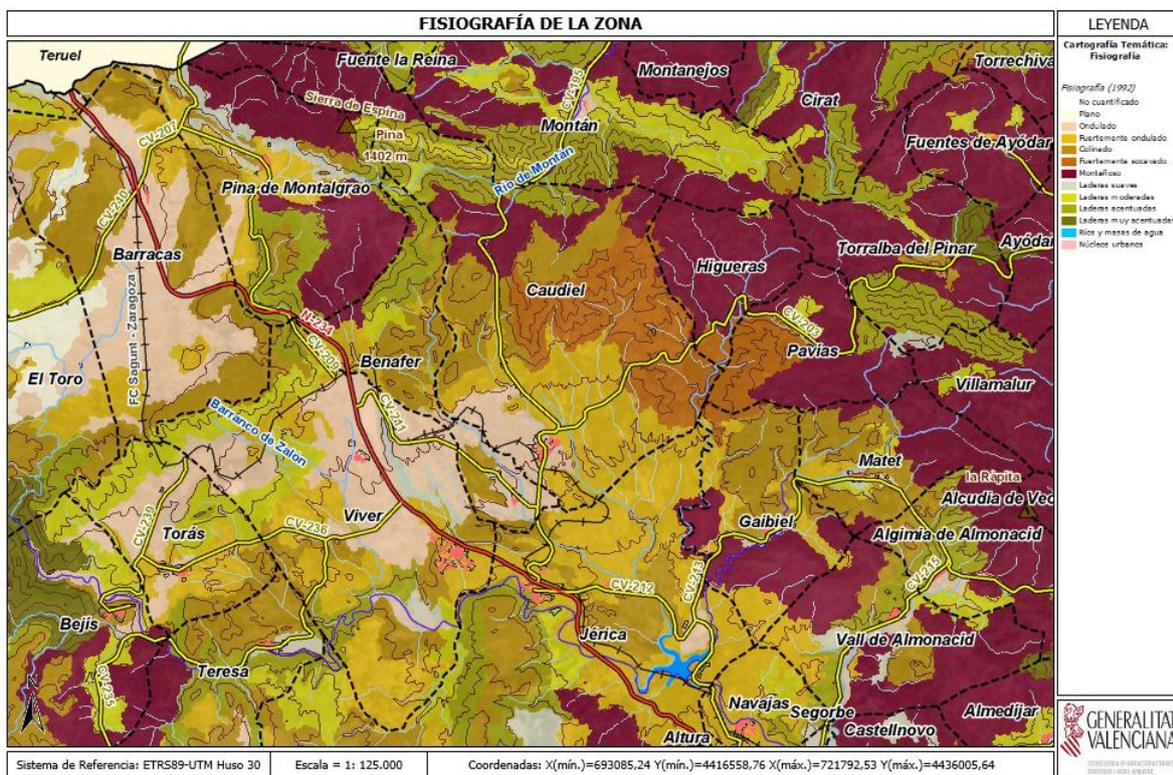


FIGURA 16. MAPA FISIGRÁFICO ADAPTADO A LA ZONA DE ESTUDIO. FUENTE: CITMA, 2012.

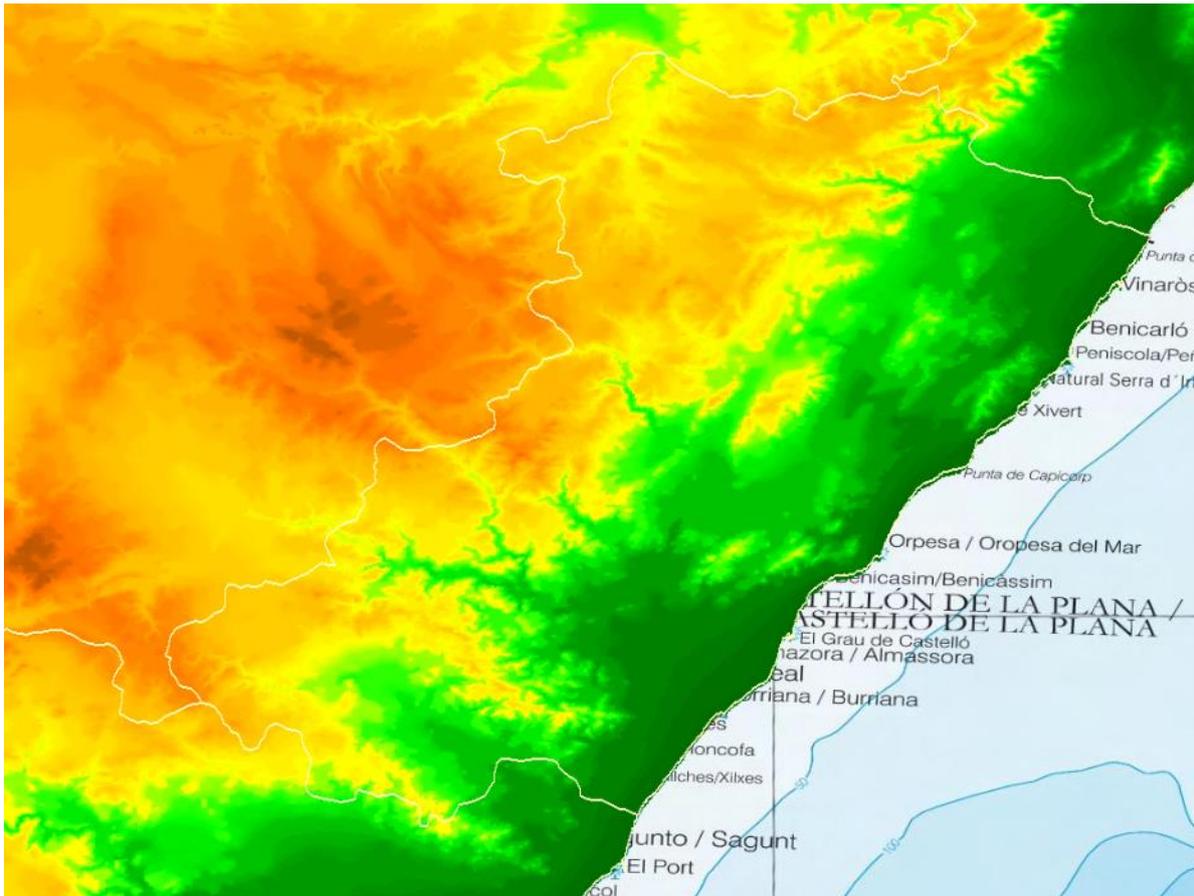


FIGURA 17. MODELO DIGITAL DE ELEVACIONES, ADAPTADO A LA ZONA DE ESTUDIO. FUENTE: ANTHOS, 2012 a.

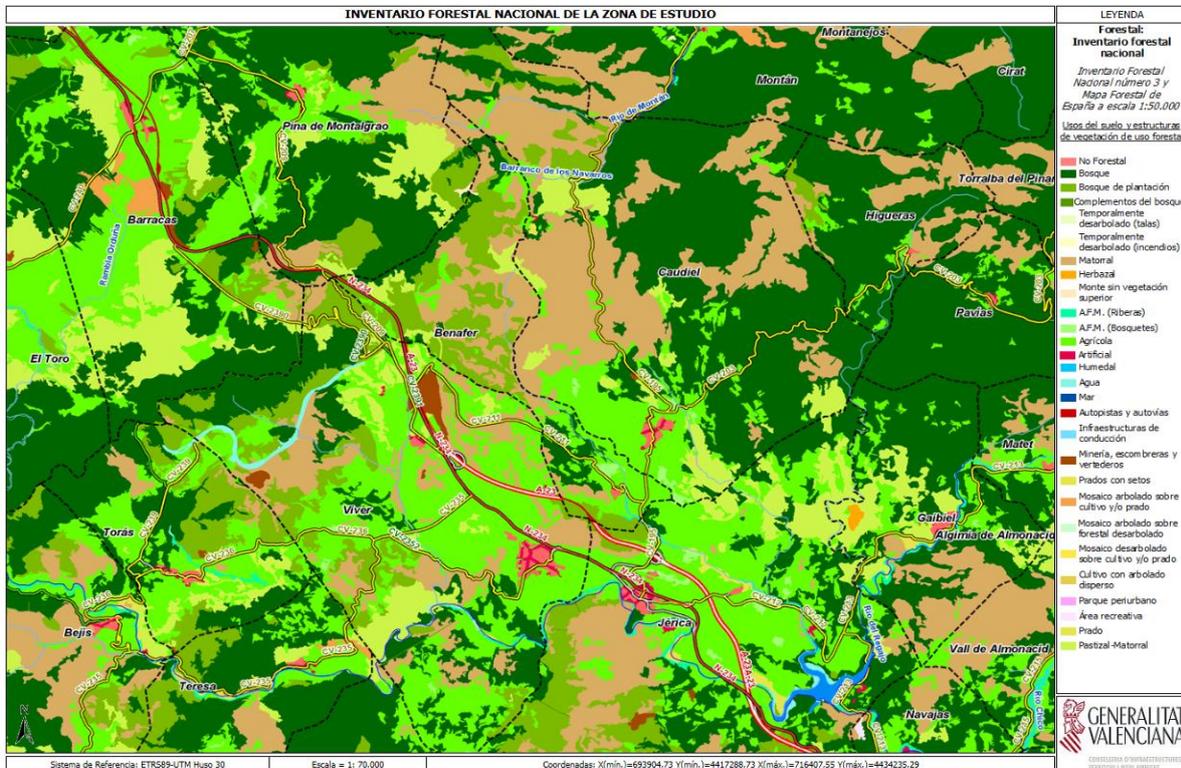


FIGURA 18. MAPA DEL INVENTARIO FORESTAL ADAPTADO A LA ZONA DE ESTUDIO. FUENTE: CITMA, 2012.

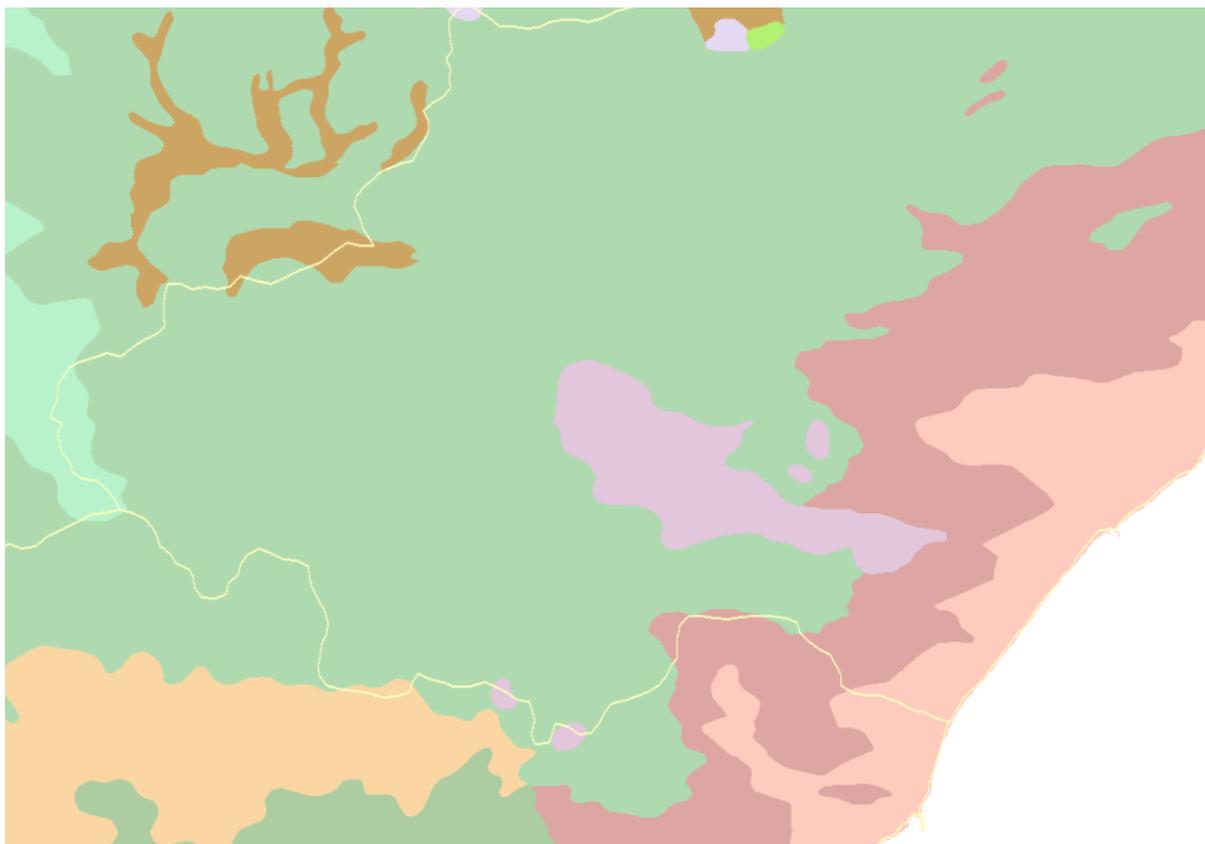


FIGURA 19. MAPA DE VEGETACIÓN CON ESCALA DE CAPA 1: 1.250.000. FUENTE: ANTHOS, 2012 a.

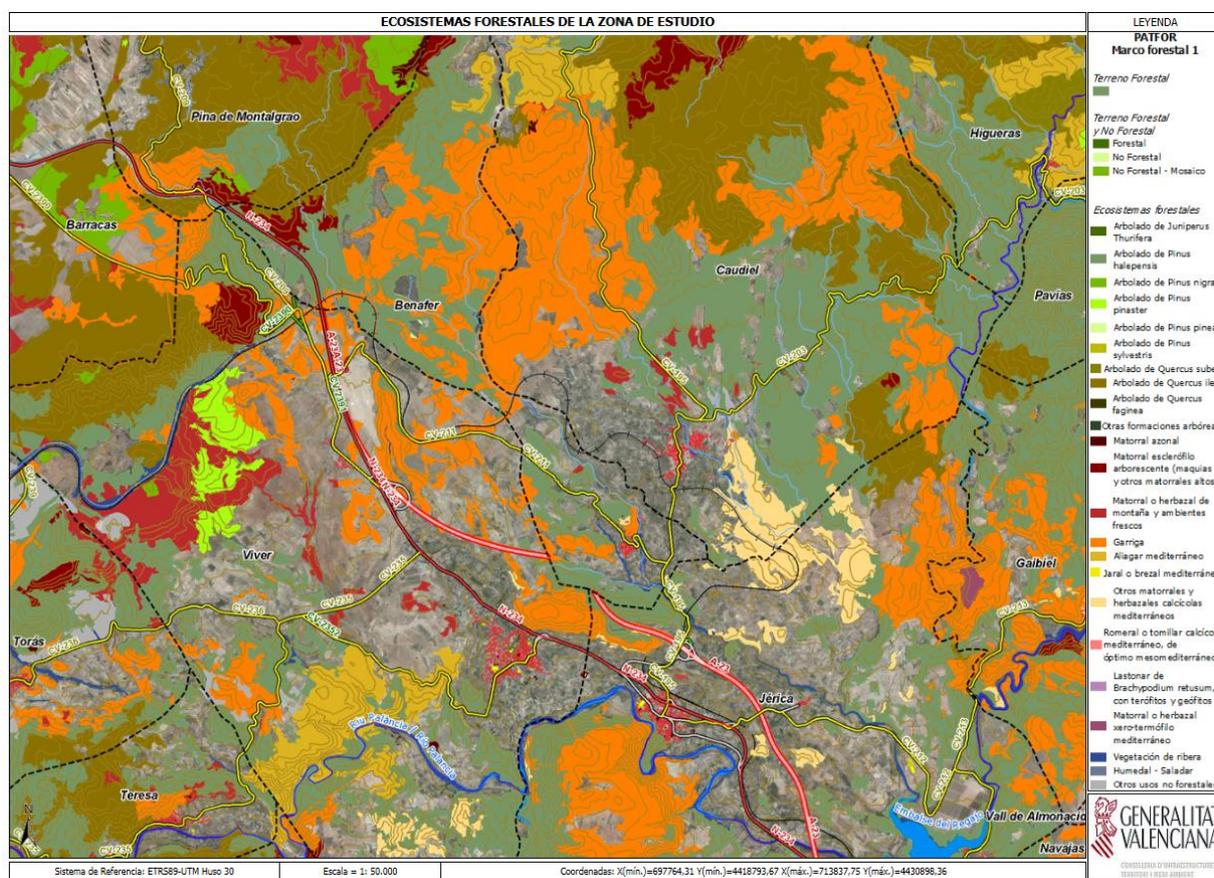


FIGURA 20. MAPA DE LOS ECOSISTEMAS FORESTALES ADAPTADO A LA ZONA DE ESTUDIO. FUENTE: CITMA, 2012.

ANEJO 2. ASPECTOS RELATIVOS A LA REALIZACIÓN DE LAS FICHAS

PARTE 1: LÍMITES CONSIDERADOS

En este anejo se muestran los límites considerados para evaluar la calidad físico-química de los manantiales seleccionados.

TABLA 2. CONDICIONES DE REFERENCIA EN MASAS SUBTERRÁNEAS. NORMA AMBIENTAL EN LA EVALUACIÓN DEL ESTADO QUÍMICO DE LAS MASAS DE AGUA SUBTERRÁNEAS FUENTE: RD 1514/2009. ANEJO I.

ELEMENTO DE CALIDAD	INDICADOR	VALOR UMBRAL BUEN ESTADO	NORMATIVA
Nitratos	Concentración de nitratos-NO ₃	50 mg/L	R.D. 1514/2009
Plaguicidas	Concentración	0.1 µg/L (referido a cada sustancia)	R.D. 1514/2009
		0.5 µg/L (referido a la suma de todos los plaguicidas analizados)	

TABLA 3. PARÁMETROS DE REFERENCIA USADOS PARA LA REALIZACIÓN DE LAS FICHAS. FUENTE: R.D. 140/2003.

Parámetro	Nivel de Referencia –R.D. 140/2003
Cloruros	250 mg/L
Conductividad a 20º C	2500 µS/cm
Nitratos	50 mg de NO ₃ /L
Amonio	0.5 mg de NH ₄ /L
Sodio	200 mg Na /L
pH	[6.5-9.5]

TABLA 4. ASPECTOS RELATIVOS A LA ACEPTABILIDAD PARA CONSUMO HUMANO. FUENTE: OMS, 2008.

Parámetro	Valor Orientador de Calidad**	Umbral gustativo del ión
Calcio	<100 mg/L	[100-300]mg/L
Sodio	<200 mg/L	>200 mg/L

** Son los correspondientes a una calidad deseable en el agua potable.

TABLA 5. TIPOS DE DUREZA DE AGUA Y FÓRMULA DE CÁLCULO. FUENTE: FACSA, 2009.

Dureza**	Límites (º HF)
Muy Blanda	<7
Blanda	7<X<14
Intermedia	14<X<32
Dura	32<X<54
Muy Dura	>54
Fórmula para el cálculo de la Dureza en grados hidrométricos franceses (º HF): $X = (\text{mg/L Calcio} \times 2.5 \text{ mg/L Magnesio} \times 4.2) / 10$	

** Se denomina dureza del agua a la concentración de compuestos minerales que hay en una determinada cantidad de agua, en particular sales de magnesio y calcio. El agua denominada comúnmente como “dura” tiene una elevada concentración de dichas sales y el agua “blanda” las contiene en muy poca cantidad.

TABLA 6. TIPOS DE CALIDAD DE AGUA PARA RIEGO. FUENTE: CHJ, 1997.

B	Buena.	Este tipo de agua está indicada especialmente para suelos de baja permeabilidad, por lo que se aconseja prever el drenaje.
A	Admisible	Se aconseja vigilar la posible acción desfavorable del contenido global salino del agua y no emplearlas en suelos de baja permeabilidad, a menos que drenen artificialmente.
Me	Mediocre	Agua aplicable únicamente en suelos permeables, drenaje intenso y cultivos tolerables a la salinidad.
Ma	Mala	Solo utilizable en casos extremos y circunstancias especiales.

TABLA 7. LÍMITES PARA CADA PARÁMETRO EN LA CLASIFICACIÓN TIPO DE CALIDAD PARA RIEGO. FUENTE: CHJ, 1997.

PARAMETROS	Unidades	Buena	Admisible	Mediocre	Mala
SALINIDAD					
Permeabilidad*(C _i -S _j)	(i+j)	2-3	4	5-6	>=7-8
Cloruros	mg/l Cl	50	200	500	>=1100
TOXICIDAD					
Boro	mg/l B	0,7	1,0	3,0	>3,0
VARIOS					
pH	-	6-9	6-9	6-9	<6-9<
Sólidos en suspensión	mg/l	20	60	120	>120
DBO ₅	mg/l	20	40	60	>60

* Consideración conjunta de Conductividad y S.A.R., expresada como suma de los subíndices (i+j) de las respectivas calidades C_i y S_j

TABLA 8. RANGO DE CONDUCTIVIDAD (IZQUIERDA) Y RAS (DERECHA) Y CALIDADES ASOCIADAS. FUENTE: CHJ, 1997.

CONDUCTIVIDAD (μS/cm)		SAR **	
VALOR	CALIDAD (C)	VALOR	CALIDAD (S)
0-250	C1	0-10	S1
250-750	C2	10-18	S2
750-2250	C3	18-26	S3
2250-5000	C4	>26	S4
>5000	C5		

Para el cálculo del RAS (Relación de Adsorción de Sodio), expresado en (mmol/L)^{1/2}, se ha utilizado la expresión de la **Figura 21**.

$$**SAR = \frac{Na}{\sqrt{(Ca+Mg)/2}} \quad Na, Ca \text{ y } Mg \text{ en } \frac{meq}{l} \quad x = 23 (Na) \quad 20 (Ca) \quad 12,2 (Mg)$$

FIGURA 21. FÓRMULA USADA PARA EL CÁLCULO DEL VALOR SAR. FUENTE: CHJ, 1997.**TABLA 9. RANGOS DE CONCENTRACIONES MEDIAS DE NITRATO QUE SE ESTABLECEN EN EL PLAN HIDROLÓGICO DE LA CHJ. FUENTE: CHJ, 2007.**

VALORES DE REFERENCIA	DESCRIPCIÓN
<25 mg/l	La concentración de nitrato es baja.
25-50 mg/l	La concentración de nitrato es media.
>50 mg/l	La concentración de nitrato es alta, supera lo establecido por la normativa para las aguas destinadas al abastecimiento de poblaciones y las aguas subterráneas se consideran afectadas por la contaminación por nitratos según la normativa para la protección de las aguas de la contaminación por nitratos de origen agrícola.

TABLA 10. TABLA GRADO DE MINERALIZACIÓN EN FUNCIÓN DE LA CONDUCTIVIDAD. FUENTE: CONFEDERACIÓN HIDROGRÁFICA DEL SEGURA. CHS, 2007.

Tipo de agua	Grado de mineralización	Conductividad ($\mu\text{S}/\text{cm}$)
DULCE	MINERALIZACION BAJA	100-250
	MINERALIZACION MEDIA	250-750
	MINERALIZACION ALTA	750-2000
SALOBRE	MINERALIZACION MUY ALTA	2000-7000
SALADA		>7000

TABLA 11. VALOR DEL INDICADOR OXÍGENO DISUELTO LIMITANTE PARA LA FAUNA ACUÁTICA. FUENTE: LLORCA Y BAUTISTA, 2006.

Parámetro indicador	Valor limitante**
Oxígeno disuelto	x>4 mg/L

** Valores de oxígeno disuelto por encima de 4 mg/L, indican que no existen consumidores de oxígeno y, por lo tanto, no hay contaminación orgánica.

PARTE 2: CARTOGRAFÍA

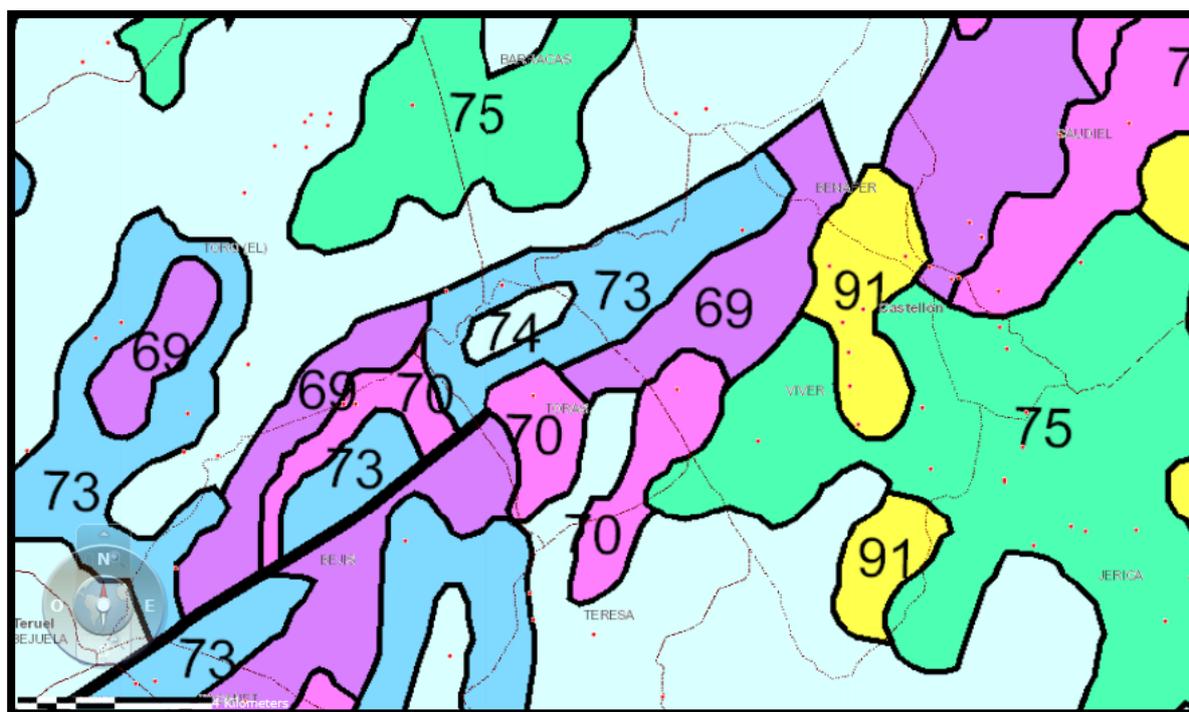


FIGURA 22. CAPA CORRESPONDIENTE A LA LITOLOGÍA DE LA ZONA DE ESTUDIO, A ESCALA: 1:1.000.000. FUENTE: INSTITUTO GEOLÓGICO MINERO DE ESPAÑA (IGME, 2015).

TABLA 12. LEYENDA DE LA CAPA DE LITOLOGÍA. FUENTE: IGME, 2015.

CÓDIGO DE UNIDAD CARTOGRÁFICA	MANANTIAL	DESCRIPCIÓN	
		Litología genérica	Litología específica
91	1, 9, 10, 11, 12, 13	Conglomerados areniscas; arcillas; calizas y evaporitas; vulcanitas básicas.	Conglomerados, areniscas, arenas arcósicas, calizas y yesos.
69	2, 6	Conglomerados, areniscas, arcillas, dolomías, calizas y margas.	-
70	5	Arcillas versicolores y yesos	-
75	15, 7, 3, 4, 14	Calizas, dolomías y margas; conglomerados y areniscas.	Conglomerados, areniscas, arenas y margas.
73	8	Calizas; dolomías y margas; conglomerados y areniscas.	Dolomías, calizas y calizas nodulosas.

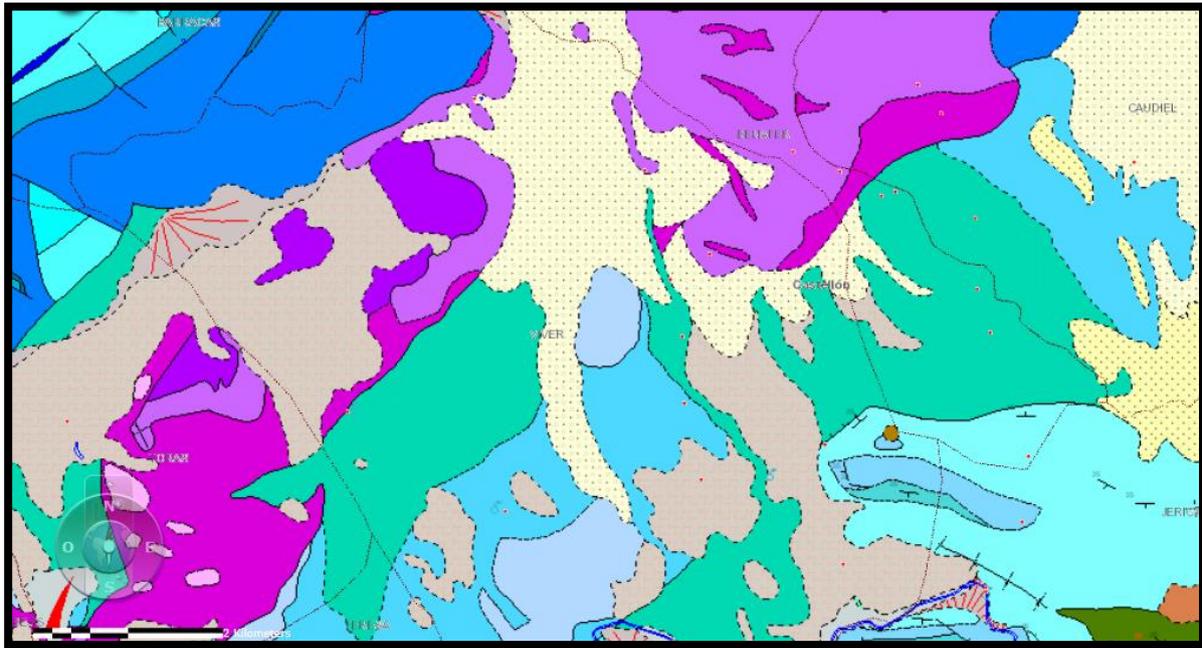


FIGURA 24. CAPA CORRESPONDIENTE A LA GEOLOGÍA DE LA ZONA DE ESTUDIO, A ESCALA 1:1.50.000. FUENTE: IGME, 2015

TABLA 14.5 LEYENDA CORRESPONDIENTE AL MAPA GEOLÓGICO. FUENTE: IGME, 2015.

CÓDIGO IGME	MANANTIAL	DESCRIPCIÓN	
	420	11	Conglomerados, arcillas y areniscas.
	129	8, 2, 1	Dolomías, margas y calizas dolomíticas.
	188	9, 10, 5, 3, 4	Areniscas, arcillas rojas, calizas y margas con ostreidos.
	23	7	Dolomías, calizas y calizas dolomitizadas.
	134	6	Lutitas, yeso, margas, areniscas y dolomías.
	423	13, 15	Calizas brechoides, travertinos, areniscas y limos.
	183	12, 14	Caliza, arcilla y arenisca.

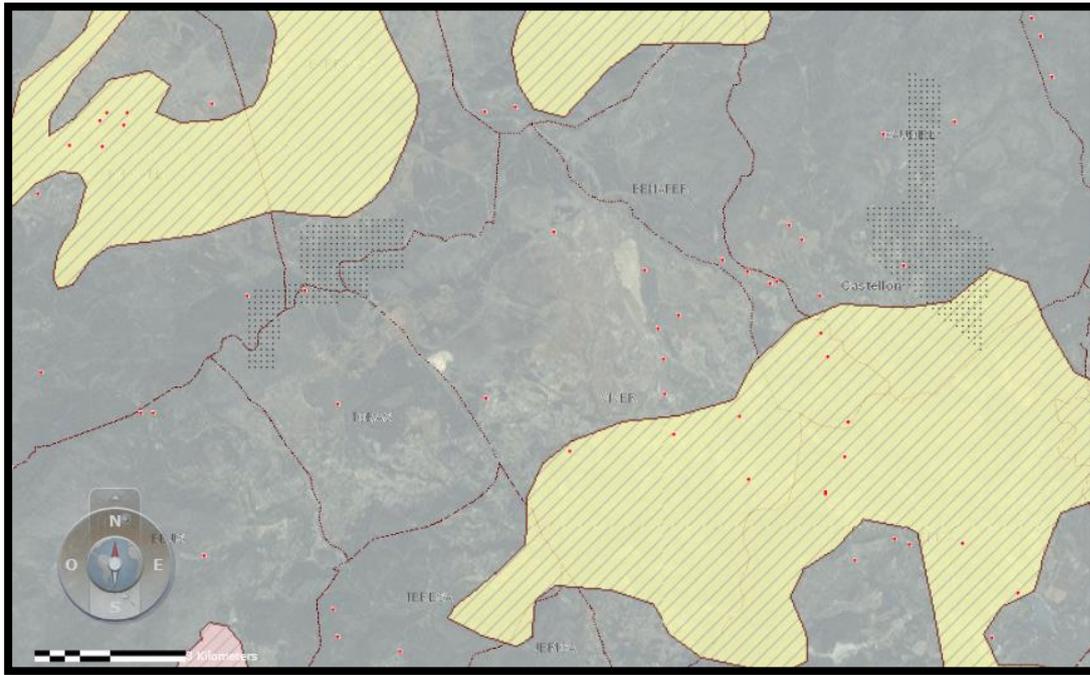


FIGURA 25. CAPA CORRESPONDIENTE AL MATERIAL ARCILLOSO DE LA ZONA DE ESTUDIO, A. ESCALA 1:1.000.000. FUENTE: IGME, 2015.

TABLA 15. LEYENDA DE LA CAPA DE MATERIAL ARCILLOSO. FUENTE: IGME, 2015.

002 (PELIGROSIDAD DE ARCILLAS EXPANSIVAS 1M)	DESCRIPCIÓN	MANANTIALES AFECTADOS
	<p>Código litológico 300 ; Código peligrosidad 2</p> <p>Riesgo Arcillas expansivas subordinadas o emplazadas en zonas climáticas sin déficit anual de humedad: riesgo de expansión bajo a moderado.</p>	<p>3, 4, 7, 13, 14</p>

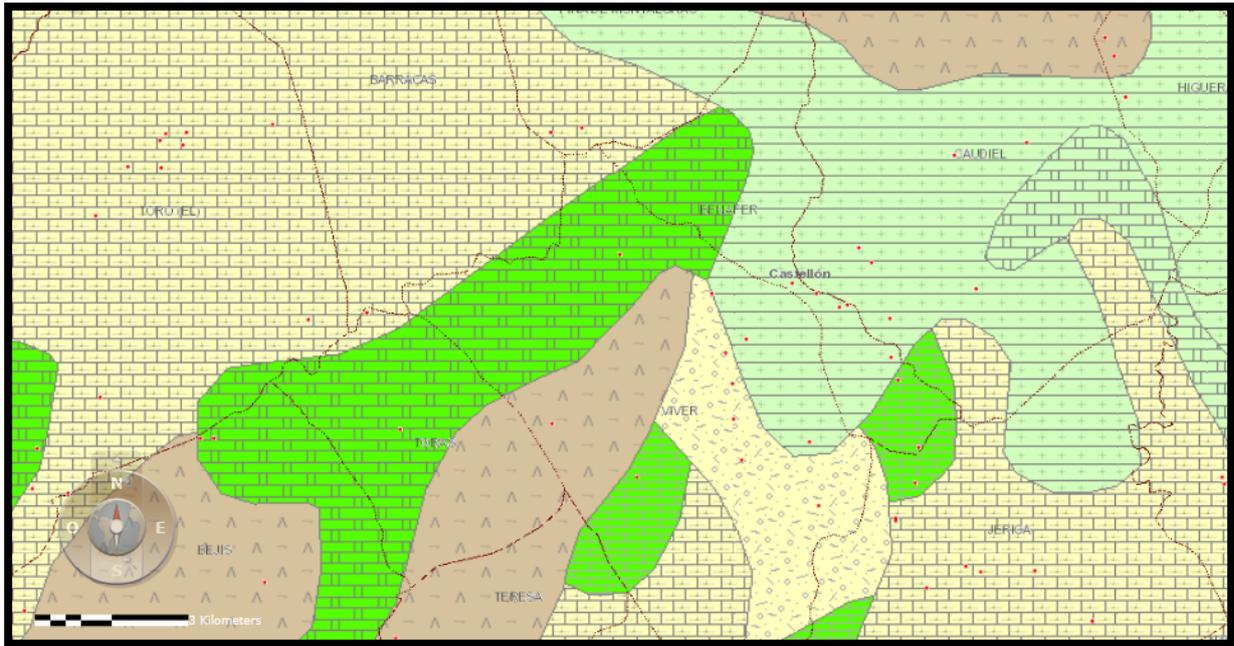


FIGURA 26. CAPA CORRESPONDIENTE A LA HIDROGEOLOGÍA DE LA ZONA DE ESTUDIO, A ESCALA: 1:1.000.000. FUENTE: IGME, 2015.

TABLA 66. LEYENDA CORRESPONDIENTE A LA CAPA DE HIDROGEOLOGÍA. FUENTE: IGME, 2015.

PERMEABILIDAD		DESCRIPCIÓN PERMEABILIDAD	LITOLOGÍA	MANANTIAL
	3	Acuíferos muy permeables generalmente extensos y productivos	Calizas y dolomías	8
	8	Formaciones extensas, en general de baja permeabilidad que puede albergar en profundidad acuíferos de masas permanentes y productivas.	Margas y arcillas con alternancia de yesos y conglomerados.	9, 10, 11, 12, 13, 15.
	4	Acuífero extenso, discontinuo, local, de permeabilidad y productividad limitadas	Calizas, dolomías, carniols...	1, 2, 6, 5, 3.
	3	Acuíferos muy permeables generalmente extensos y productivos	Calizas y dolomías	14, 7, 4.

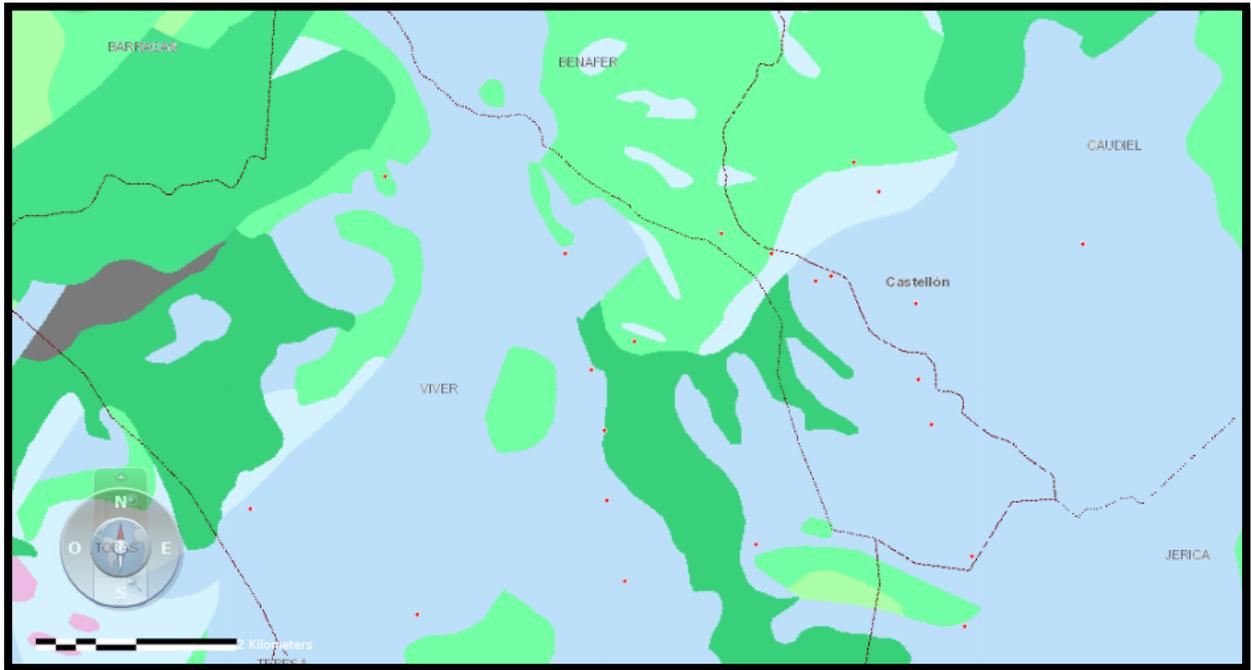


FIGURA 27. CAPA CORRESPONDIENTE A LA PERMEABILIDAD DE LA ZONA DE ESTUDIO, A ESCALA 1:1.200.000. FUENTE: IGME, 2015.

TABLA 17. LEYENDA DE LA CAPA DE PERMEABILIDAD. FUENTE: IGME, 2015.

COLOR	DESCRIPCIÓN	MANANTIAL
	Permeabilidad Baja. Descripción: Detríticas. Color 258.	5, 3, 4, 7, 14, 9, 12, 13, 15
	Permeabilidad Muy Alta. Carbonatadas. Color 111.	10, 11
	Permeabilidad Media. Carbonatadas. Color 75.	1, 8
	Permeabilidad Muy Baja. Detríticas. Color 239.	6, 2

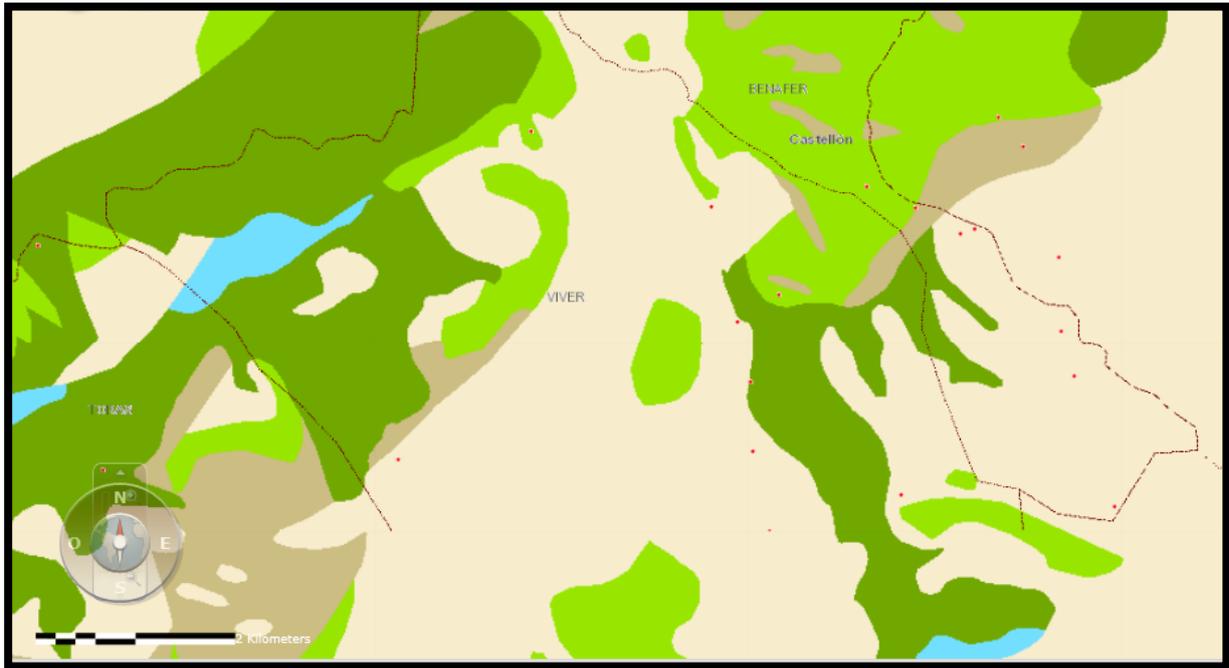
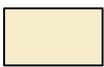


FIGURA 28. CAPA CORRESPONDIENTE A LA HIDROGEOLOGÍA DE LA ZONA DE ESTUDIO, A. ESCALA 1:1.200.000.
FUENTE: IGME, 2015.

TABLA 18 .LEYENDA CORRESPONDIENTE A LA CAPA DE HIDROGEOLOGÍA. FUENTE: IGME, 2015.

COLOR	DESCRIPCIÓN	MANANTIALES
	Formaciones evaporíticas, ígneas.	5, 3, 4, 7, 15, 14, 9, 12, 13
	Formaciones carbonatadas de permeabilidad alta o muy alta	10, 11
	Carbonatadas volcánicas y permeabilidad media	1, 8
	Formación generalmente impermeable. Metadetríticas, ígneas y evaporíticas de permeabilidad baja y media.	2, 6