

**UNIVERSIDAD POLITECNICA DE VALENCIA**

**ESCUELA POLITECNICA SUPERIOR DE GANDIA**

**Licenciado en Ciencias Ambientales**

---



**UNIVERSIDAD  
POLITECNICA  
DE VALENCIA**



**ESCUELA POLITECNICA  
SUPERIOR DE GANDIA**

# **“Estudio de la calidad del agua de las fuentes de agua subterránea del Alto Palancia”**

***TRABAJO FINAL DE CARRERA***

*Autor/es:*

**Raquel Ramos Hernández**

*Director/es:*

**Dña. Silvia Falco Giaccaglia**

**GANDIA, 2014**

Estudio de la calidad del agua de las fuentes de agua subterránea del Alto Palancia.

## SUMARIO

1. INTRODUCCIÓN .....	2
1.1 Importancia del agua potable y su control.....	2
1.2 Aguas subterráneas.....	8
1.3 Características generales del Alto Palancia.....	14
1.4 Acuíferos presentes en la zona.....	17
1.5 Objetivos.....	22
2. MATERIALES Y MÉTODOS.....	23
2.1 Descripción de las fuentes.....	23
2.2 Muestreo de las fuentes.....	33
2.3 Métodos analíticos utilizados.....	34
3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	41
3.1 Variables fisicoquímicas y microbiológicas analizadas.....	41
3.2 Discusión y distribución espacial de las variables analizadas.....	53
3.3 Distribución temporal de las variables analizadas.....	59
4. CONCLUSIONES.....	65
5. BIBLIOGRAFÍA.....	67
6. ANEXOS.	

Legislación. Parámetros calidad del agua.

# 1. INTRODUCCIÓN

## 1.1. Importancia del agua potable y su control.

El agua no solo es el alimento más consumido del mundo, sino que resulta imprescindible para la vida. Sin el líquido más importante de la naturaleza no podríamos vivir. Ya en la Declaración de los Derechos Humanos de 1948 se establecía que toda persona tiene derecho a un nivel de vida adecuado que le asegure la salud y el bienestar, lo cual hace referencia al derecho de los seres humanos al agua, al saneamiento y al ambiente sano. La Convención sobre los Derechos del Niño, adoptada por la Asamblea General de las Naciones Unidas en 1989, afirma que los niños y las niñas tienen derecho al disfrute del más alto nivel posible de salud (Unicef, 2013). Los diferentes foros internacionales celebrados, han dejado evidencia de la importancia del agua, el saneamiento y la higiene para la salud. Entre ellos se encuentra la Conferencia Internacional sobre Atención Primaria de Salud que tuvo lugar en Alma Ata, Kazajstán (ex Unión Soviética) en 1978. También cabe mencionar la Conferencia Mundial sobre el Agua de Mar del Plata (Argentina) de 1977, que dio inicio al Decenio Internacional del Agua Potable y del Saneamiento Ambiental. Así mismo, los objetivos de la Declaración del Milenio adoptada por la Asamblea General de las Naciones Unidas (ONU) en 2000 y el documento final de la Cumbre Mundial sobre el Desarrollo Sostenible de Johannesburgo de 2002. Centenares de organizaciones de cooperación al desarrollo ponen todo su esfuerzo en un intento por universalizar el acceso al agua potable, lo que ha supuesto uno de los mayores avances en cuanto a la consecución de los Objetivos de Desarrollo del Milenio. Así, en 2012 se consiguió reducir a la mitad el número de personas que no cuentan con éste elemento indispensable (Amycos, 2013). Además, la Asamblea General de las Naciones Unidas declaró el periodo de 2005 a 2015 como Decenio Internacional para la Acción «El agua, fuente de vida» (OMS, 1988).

Pero aproximadamente un 25% de la población mundial no tiene acceso fácil al agua potable, y más del 50% no dispone de un sistema adecuado de saneamiento para eliminar sus residuos (Amycos, 2013). Estos dos factores combinados son una de las principales causas de mortalidad. Se calcula que más de 25.000 personas mueren cada día por no tener agua en condiciones para ser consumida (ESSAP, 2013). La situación es diferente en el mundo desarrollado en el que se encuentra España, donde prácticamente todos los ciudadanos tienen fácil y económico acceso al agua potable, y a un aceptable sistema de saneamiento (Llamas, 2001).

Se establece que son necesarios 50 litros de agua por persona y día para cubrir las necesidades básicas de una persona (Gleick, 1999) ya que sin agua no hay vida ni salud.

El organismo humano tiene una asimilación perfecta del agua potable, no le ocasiona ningún riesgo significativo para la salud cuando se consume durante toda una vida, teniendo en cuenta las diferentes sensibilidades que pueden presentar las personas en las distintas etapas de su vida. Las personas que presentan mayor riesgo de contraer enfermedades transmitidas por el agua son los lactantes y los niños de corta edad, las personas debilitadas o que viven en condiciones antihigiénicas y los ancianos (OMS, 1988).

Si bien en nuestro planeta es 71% agua, casi toda es salada y ello hace que no resulte apta para el consumo humano, ni para la agricultura e industria. Solamente un 2,5% de esta agua es dulce y de ella, el 70% se encuentra congelada en los casquetes polares, por lo que solo queda un 0,75% de agua dulce en estado líquido. Pero no toda esta cantidad se encuentra disponible, ya que la mayor parte de ella está presente en la humedad de la tierra, y también en ocasiones aparece en lugares a gran profundidad o totalmente inaccesibles, lo que significa que contamos con tal solo un 0,0025% de agua potable accesible (Fig.1.1) y disponible para uso humano (Hidritec, 2013).

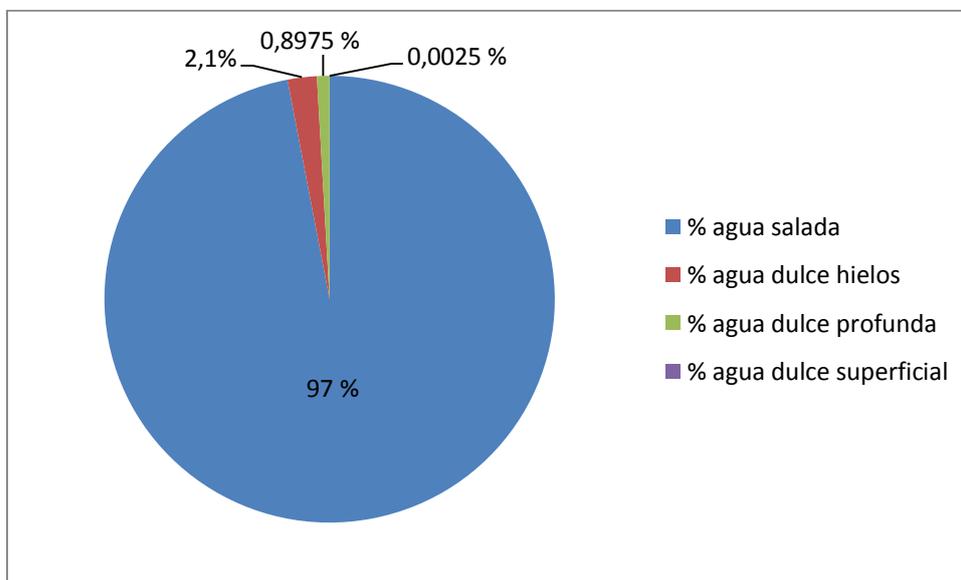


Fig.1.1 Porcentaje de los diversos tipos de agua en la Tierra

Puesto que el agua dulce es un bien escaso, conviene también cuidar su calidad. Se debe evitar de manera prioritaria su contaminación y controlar que sea potable; ha de cumplir unas mínimas condiciones de seguridad para evitar problemas para la salud de los consumidores (OMS, 1988).

El agua potable es aquella no contaminada, ya sea de superficie o subterránea, tratada o no. La definición de agua potable se ha ido adaptando al avance del conocimiento científico y a las nuevas técnicas, en especial a las relacionadas con el análisis de contaminantes (OMS, 1988).

El agua es uno de los mayores vectores de transmisión de enfermedades y agentes patógenos por lo cual es de suma importancia un control exhaustivo así como un correcto y adecuado tratamiento de desinfección que elimine cualquier tipo de riesgo asociado a su ingesta (OMS, 1988).

La gran mayoría de los problemas de salud que están relacionados de forma evidente con el agua se deben a la contaminación microbiana (bacterias, virus, protozoos u otros organismos). No obstante, también existe un número considerable de problemas graves de salud que puede producirse como consecuencia de la contaminación química.

Las posibles consecuencias para la salud por la contaminación microbiana son tales que su control exhaustivo debe ser siempre un objetivo de importancia primordial y nunca debe verse comprometido por intereses económicos o de cualquier otra índole (OMS, 1988).

En los últimos tiempos, la calidad del agua se está modificando debido a diferentes sustancias y acciones que la contaminan, y muchas de ellas son responsabilidad de la acción humana, principalmente a través de los vertidos incontrolados de la industria e incluso los municipales y procedentes de actividades como las agrícolas y ganaderas. El experto sueco Lundquist ha introducido el término hidrocidio para describir este proceso (Llamas, 2001).

Como objetivo prioritario para la salud pública está el control sanitario de agua para el consumo humano. Las directivas europeas y la legislación nacional están destinadas a garantizar que el agua de consumo sea salubre y limpia, eliminando o reduciendo la concentración de contaminantes microbiológicos y físico-químicos que puedan afectar a la salud (Palau y Guevara, 2011).

Los requisitos básicos y esenciales pasan por crear un marco en defensa del agua que comprenda metas sanitarias establecidas por una autoridad competente en materia de salud, sistemas adecuados y gestionados correctamente (infraestructuras adecuadas, seguimiento correcto y planificación y gestión eficaces), y un sistema de vigilancia independiente (OMS, 1988).

Un enfoque integral de evaluación y gestión de los riesgos del sistema de abastecimiento del agua potable aumentará la confianza en la salubridad del agua. Este enfoque conlleva un control de seguimiento permanente de los riesgos existentes desde la cuenca de captación al consumidor y la adopción de medidas que pueden aplicarse para gestionar estos riesgos, así como de métodos para comprobar el funcionamiento eficaz de las pautas de control establecidas. También incorpora estrategias para abordar la gestión cotidiana de la calidad del agua y hacer frente a las alteraciones y averías (OMS, 1988).

El RD 140/2003 establece unas pautas definidas a seguir así como unos niveles de admisión máximos siendo el tratamiento de adecuación y desinfección de agua potable de carácter obligatorio y un derecho para cualquier ciudadano del territorio español.

Según se establece en las guías para la calidad del agua potable (OMS, 1988), los mayores riesgos microbiológicos son los derivados del consumo de agua contaminada con excrementos humanos o animales (incluidos los de las aves).

Los patógenos fecales son los que más preocupan a la hora de fijar metas sanitarias relativas a la salubridad microbiológica. La calidad microbiológica del agua está sujeta a cambios impredecibles y con frecuencia puede variar en poco tiempo. Pueden producirse aumentos repentinos de la concentración de patógenos que aumenten considerablemente el riesgo de enfermedades y desencadenen brotes de enfermedades transmitidas por el agua. Además, podrían enfermar numerosas personas antes de que se detectase la contaminación microbiológica. Por estos motivos, para garantizar la salubridad del agua potable, no debe confiarse únicamente en análisis del producto final, incluso si se realizan con frecuencia.

Si no se garantiza la salubridad del agua, puede exponerse a la comunidad al riesgo de brotes de enfermedades intestinales e infecciosas. Es particularmente importante evitar los brotes de enfermedades transmitidas por el agua de bebida, dada su capacidad de infectar simultáneamente a un gran número de personas y, posiblemente, a una gran proporción de la comunidad.

La destrucción de microorganismos patógenos es fundamental; muy frecuentemente se realiza mediante productos químicos reactivos como el cloro. La desinfección es una operación de importancia incuestionable para el suministro de agua potable. Constituye una barrera eficaz para numerosos patógenos (especialmente las bacterias). El tratamiento del agua destinada al consumo humano, debe realizarse en aguas superficiales y también en aguas subterráneas

expuestas a la contaminación fecal, muchas de ellas por proximidad a complejos ganaderos en los que pudiera producirse filtraciones.

Los riesgos para la salud asociados a los componentes químicos del agua difieren de los asociados a la contaminación microbiológica y se deben principalmente a la capacidad de los componentes químicos de producir efectos adversos sobre la salud tras periodos de exposición prolongados. Pocos componentes químicos del agua pueden ocasionar problemas de salud como resultado de una única exposición, excepto en el caso de una contaminación masiva accidental de una fuente de abastecimiento de agua potable. Además, la experiencia demuestra que en muchos, aunque no en todos los incidentes de este tipo, el agua se hace imbebible, por su gusto, olor o apariencia inaceptables.

Numerosos productos químicos pueden estar presentes en el agua utilizada para el consumo humano; sin embargo, sólo unos pocos suponen un peligro inmediato para la salud en cualquier circunstancia determinada. Los grados de prioridad asignados a las medidas de seguimiento y de corrección de la contaminación del agua de bebida deben gestionarse de tal modo que se evite utilizar innecesariamente recursos escasos para el control de contaminantes químicos cuya repercusión sobre la salud es pequeña o nula.

El agua no debe presentar sabores u olores que pudieran ser desagradables para la mayoría de los consumidores. Para evaluar la calidad del agua, los consumidores se basan principalmente en sus sentidos.

Los componentes microbianos, químicos y físicos del agua pueden afectar a su aspecto, olor o sabor y el consumidor evaluará su calidad y aceptabilidad basándose en estos criterios. Aunque estas sustancias pueden no producir ningún efecto directo sobre la salud, los consumidores pueden considerar que el agua muy turbia, con mucho color, o que tiene un sabor u olor desagradables es insalubre y rechazarla. En casos extremos, las personas pueden evitar consumir agua de bebida que sea inaceptable por motivos estéticos pero salubre, y consumir en cambio agua de otras fuentes cuyo aspecto sea más agradable pero que puede ser insalubre. Es, por consiguiente, sensato conocer las percepciones del consumidor y tener en cuenta tanto las directrices sanitarias como criterios estéticos al evaluar sistemas de abastecimiento de agua de bebida y al elaborar reglamentos y normas.

Los cambios en la apariencia, olor y sabor del agua de bebida de un sistema de abastecimiento con respecto a sus características organolépticas normales pueden señalar cambios en la

calidad del agua de la fuente sin tratar o deficiencias en las operaciones de tratamiento, y por tanto deben investigarse.

La vigilancia de la calidad del agua puede definirse como la evaluación e inspección, de forma continua y vigilante, desde el punto de vista de la salud pública, de la salubridad y aceptabilidad de los sistemas de abastecimiento de agua. (OMS, 1976).

La vigilancia es una actividad de investigación que se realiza para detectar y evaluar posibles riesgos para la salud asociados al agua. La vigilancia contribuye a proteger la salud pública fomentando la mejora de los llamados «indicadores de servicio»: calidad, cantidad, accesibilidad, cobertura (es decir, las poblaciones con acceso fiable), asequibilidad y continuidad del abastecimiento de agua. La autoridad de vigilancia debe tener competencia para determinar si un proveedor de agua está cumpliendo sus obligaciones.

En la mayoría de los países, el organismo responsable de la vigilancia de los servicios de abastecimiento de agua es el Ministerio de Salud y sus Departamentos u Oficinas Regionales. En algunos países, la responsabilidad puede recaer en un organismo de protección del medio ambiente, mientras que en otros pueden tener cierta responsabilidad las Oficinas de Salud Ambiental de los gobiernos locales.

La vigilancia requiere un programa sistemático de estudios, que pueden incluir auditorías, análisis, inspecciones sanitarias y, en su caso, aspectos institucionales y comunitarios. Debe abarcar la totalidad del sistema de agua de bebida, incluidas las fuentes y las actividades en la cuenca de captación, las infraestructuras de conducción, las plantas de tratamiento, los embalses de almacenamiento y los sistemas de distribución.

Un programa de vigilancia debe tener como objetivo garantizar la pronta adopción de medidas para evitar que surjan problemas y asegurarse de que se corrigen las averías. En ocasiones, puede ser preciso aplicar multas para fomentar y garantizar el cumplimiento de las normas. Por consiguiente, el organismo encargado de la vigilancia debe estar respaldado por leyes sólidas y ejecutables. No obstante, es importante que dicho organismo desarrolle una relación positiva con los proveedores y les preste apoyo, recurriendo a la aplicación de multas como último recurso. (OMS, 1988)

En todo lo concerniente a las fuentes está también la responsabilidad de las administraciones y ayuntamientos por la utilización y uso incontrolado de las mismas por lo que, en prevención de posibles daños ocasionados para la salud por la utilización de dicha agua para el consumo

humano, las diferentes fuentes que en teoría son manantiales potables, tienen adosados los carteles de “Agua no apta para el consumo humano”, “Agua no potable” o “Agua no clorada”.

Según establece la OMS (1988) en sus guías, la naturaleza y la forma de las normas relativas al agua para el consumo humano pueden diferir de unos países o regiones a otros. No hay un método único que pueda aplicarse de forma universal. En el desarrollo y la aplicación de normas, es fundamental tener en cuenta las leyes vigentes relativas al agua, a la salud y al gobierno local y evaluar la capacidad para desarrollar y aplicar reglamentos en cada país. Los métodos que pueden funcionar en un país o región no necesariamente pueden transferirse a otros países o regiones. En el desarrollo de un marco reglamentario, es fundamental que cada país evalúe sus necesidades y capacidades.

Determinar el nivel de riesgo y calidad que se considera aceptable en circunstancias concretas, es un tema que atañe a toda la sociedad y por tanto todos tenemos una función que desempeñar. En último término, cada país debe decidir si las ventajas de adoptar como normas nacionales o locales cualquiera de las directrices o valores de referencia justifican su costo.

## **1.2. Aguas subterráneas.**

A diferencia de otros recursos o materias primas naturales, las aguas subterráneas se encuentran a lo largo y ancho del mundo. Las condiciones para su extracción varían ampliamente de un lugar a otro, según el tipo de lluvias y la naturaleza de los acuíferos (rocas y sedimentos, en cuyos poros e encuentra el agua subterránea). En general, el agua subterránea se renueva en el acuífero sólo en ciertas épocas del año, pero, sin embargo, puede ser extraída de una forma continuada: cuando su recarga es suficiente y además está más protegido frente a la contaminación, la explotación de este tipo de agua puede ser indefinida (Struckmeir et al, 2007).

La gestión del agua subterránea es más compleja que la superficial, existen múltiples tomas de agua, distribuidas en un área extensa dentro de dominios privados, lo que dificulta su control; por otro lado, el insuficiente desarrollo de formas de conciliación entre los que gestionan el agua y los que la utilizan; son factores que aumentan la complejidad de la gestión y control de un elemento imprescindible y vital como es el agua (CONAMA 8, 2006).

Según comentan Struckmeir et al (2005), el agua subterránea se encuentra disponible de manera muy variable según las regiones. Su recarga viene determinada por el clima; en

especial, por la precipitación. No obstante, la cantidad de agua que puede quedar retenida va en función de las características de almacenamiento del terreno. Puede encontrarse hoy en día agua subterránea incluso en sitios con un clima muy seco, debido a su geología y a la historia del clima local. Sólo si se conoce adecuadamente su distribución espacial y su variación en el tiempo se puede hacer uso sostenible de los recursos de agua. Pero esta información a menudo no existe, incluso en los llamados países desarrollados

Muchas zonas tienen agua potable gracias al agua subterránea, en algunas de Europa y Rusia puede ser hasta el 80% y en algunas zonas del Norte de África y en Oriente Medio aún más. Esta agua subterránea en España supone unos 1000 hm<sup>3</sup>/año, lo que proporciona agua a unos 12 millones de personas, el 30% de la población. En la Comunidad Valenciana es el recurso de mayor importancia, su uso sigue aumentando pese a la aparición de otros recursos como la desalinización (Tabla 1.1).

CAPTACIONES DE AGUA PARA USO URBANO AÑO 2.003 (Miles m <sup>3</sup> /año)					
	TOTALES	Aguas superficiales	Aguas subterráneas	Desalación	Otros tipos de recursos hídricos
España	4.214.160	2.870.098	1.179.605	128.217	36.240
Andalucía	676.710	503.639	169.926	3.145	0
Aragón	105.481	92.119	13.136	0	226
Asturias (Principado de)	91.384	78.349	15.035	0	0
Baleares (Illes)	67.102	16.854	43.367	6.881	0
Canarias	127.948	14.709	42.423	70.816	0
Cantabria	80.176	71.865	8.311	0	0
Castilla y León	318.827	223.783	90.062	0	4.982
Castilla-La Mancha	210.704	113.684	88.437	0	8.583
Cataluña	459.409	234.909	213.637	0	10.863
Comunidad Valenciana	488.781	174.120	292.001	22.660	0
Extremadura	86.199	65.072	21.127	0	0
Galicia	307.761	228.891	72.806	0	8.464
Madrid (Comunidad de)	670.955	650.312	20.643	0	0
Murcia (Región de)	62.867	45.165	16.974	728	0
Navarra (Comunidad Foral de)	76.528	37.353	39.175	0	0
País Vasco	318.494	279.258	17.963	18.331	2.942
Rioja (La)	43.887	41.431	2.456	0	0
Ceuta y Melilla	20.947	2.785	12.326	5.856	180

Tabla 1.1 Tabla que muestra el origen del agua para uso urbano (CONAMA 8, 2006).

Según el Instituto Geográfico Minero Español (IGME) en 1990 en las cuencas Turia y Júcar más del 50% de la población utilizaba el agua subterránea para abastecerse (CONAMA 8, 2006).

El agua subterránea presenta no solo ventajas como agua apta para bebida por ser de mayor calidad que la superficial, sino que además presenta importantes ventajas en su uso agrario:

- Se encuentra cerca de los centros de demanda, ya que están repartidas por todo el territorio, por lo que no es necesario la construcción de grandes redes de almacenamiento y distribución.

- Existe una gran flexibilidad de uso, ya que cada usuario o pequeño grupo dispone de su propio pozo. Cada usuario decide su calendario de riego, siendo independientes de la comunidad de regantes.
- Existe una garantía de suministro frente a los cambios climáticos, ya que los acuíferos responden lentamente a las variaciones de pluviosidad.

Las desventajas del uso de esta agua subterránea es que suele existir sobreexplotación de los acuíferos, al superar las extracciones los volúmenes renovables (CONAMA 8, 2006).

Las aguas subterráneas, son las situadas por debajo de la superficie del suelo en los espacios porosos y en las fracturas de las formaciones rocosas. Una unidad de roca o un depósito no consolidado se denomina Acuífero cuando se puede producir una cantidad de agua utilizable.

Según indican Custodio y Llamas (2001), se denomina acuífero a aquel estrato o formación geológica que permitiendo la circulación del agua por sus poros o grietas, hace que el hombre pueda aprovecharla en cantidades económicamente apreciables para a sus necesidades. Su nombre proviene del latín (aqua = agua y fero = llevar), ya que se trata del agua encerrada en cualquier formación geológica, bien sea en poros o en grietas.

La permeabilidad intrínseca de un acuífero es en general igual o superior a  $10^{-2}$  darcy. Arenas y gravas no consolidadas, arenillas, limos, dolomitas y basaltos; rocas metamórficas y plutónicas fracturadas, son algunos ejemplos de unidades geológicas consideradas acuíferos (Espinoza, 2004).

La profundidad en la que los espacios de los poros del suelo o las fracturas y los vacíos en la roca se encuentran completamente saturados de agua se llama capa freática. El agua subterránea es recargada y eventualmente fluye hacia la superficie natural, la descarga natural a menudo se filtra, y se pueden formar los oasis o los humedales (Ecologiahoy, 2013).

De acuerdo con la ONU, el volumen anual medio de agua renovable en el Planeta Tierra es de 43.000 km<sup>3</sup>, que es más o menos la mitad de toda el agua dulce existente en todos los lagos naturales de la Tierra y, aproximadamente diez veces el volumen de todos los embalses construidos por el hombre. La recarga anual del agua subterránea alcanza unos 10.000 km<sup>3</sup> al año (el 0,1% de todas las reservas de aguas subterráneas): es decir, que sólo se recarga cada año una ínfima parte en comparación con el enorme volumen total de aguas subterráneas que yace almacenado en los acuíferos (Struckmeir et al, 2005).

Un estrato confinante es una unidad geológica que tiene una muy baja permeabilidad intrínseca menor a  $10^{-2}$  darcy. Esta es una definición bastante arbitraria y depende de las condiciones locales de flujo. En áreas de arcilla, con permeabilidades del orden de  $10^{-4}$  darcy, un estrato de limo con una permeabilidad de  $10^{-2}$  darcy puede ser considerado un excelente sistema acuífero. De la misma manera, ese estrato de limo puede ser considerado un estrato confinante en la cercanía de un lecho de grava con una permeabilidad del orden de 100 darcys o más. En general el agua subterránea se mueve a través de un estrato confinante pero a una tasa muy reducida (Espinoza, 2004).

Si admitimos que los acuíferos reciben agua de la precipitación (aunque puede recibirla por otras vías), se pueden definir tres zonas: zona de alimentación o recarga, zona de circulación y zona de descarga.

La zona de alimentación es aquella donde el agua de precipitación se infiltra. Por la zona de descarga el agua sale del acuífero, puede ser un manantial o la descarga al mar o a un río. La zona de circulación es la parte comprendida entre la zona de alimentación y la zona de descarga (Morell, 2007).

La clasificación más importante de los acuíferos es la que se realiza respecto a la presión hidrostática del agua encerrada en los mismos (Custodio, Llamas, 2001).

Acuíferos confinados o artesianos; el agua de estos acuíferos está sometida a una cierta presión, superior a la atmosférica, y ocupa la totalidad de los poros o huecos de la formación geológica que lo contiene, saturándola completamente (Fig. 1.2). Por ello durante la perforación de pozos en acuíferos de este tipo, al atravesar el techo del mismo, se observa un ascenso rápido del nivel del agua hasta estabilizarse en una determinada posición.

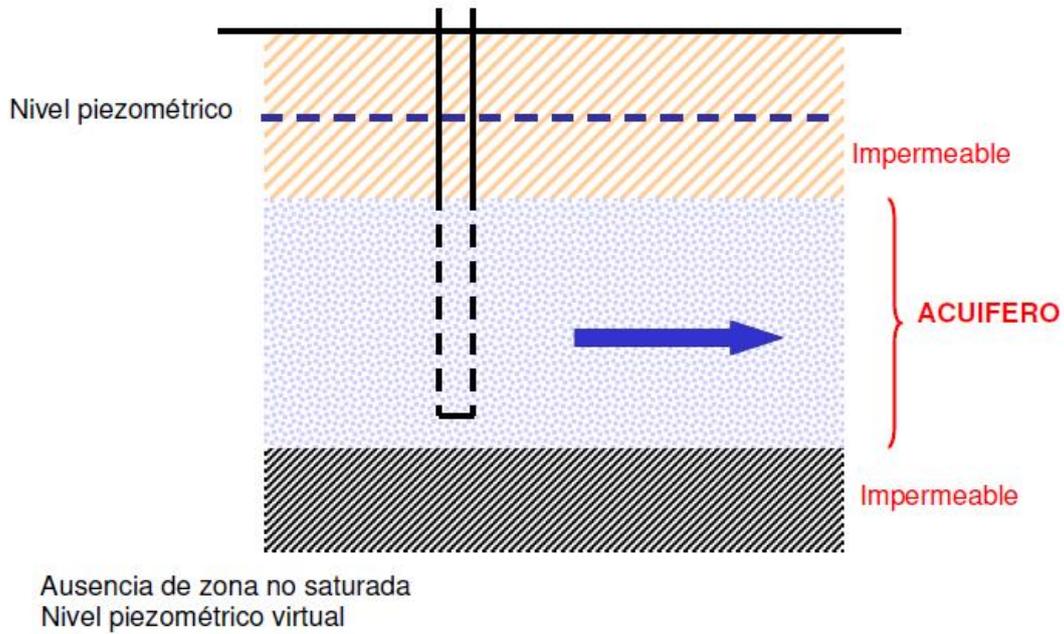


Fig. 1.2 Acuífero confinado (Morell, 2007).

Acuífero no confinado o libre; son los que tienen una superficie del agua encerrada en ellos, que está en contacto directo con el aire y por lo tanto, a presión atmosférica (Fig. 1.3). En estos, al perforar pozos que los atraviesan, la superficie obtenida por los niveles de cada pozo forman una superficie del real, la superficie freática.

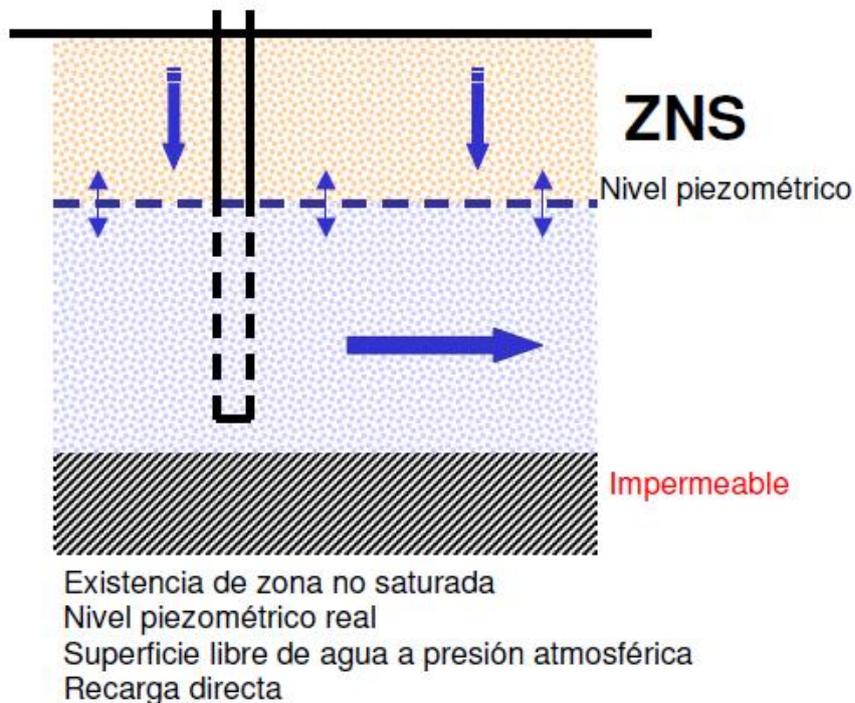


Fig.1.3 Acuífero libre (Morell, 2007).

Acuíferos semiconfinados; estos se pueden considerar una parte de los acuíferos cautivos en los que el muro (parte inferior) y/o techo (parte superior) que los encierra no es totalmente impermeable, sino un acuitardo, es decir, un material que permita una filtración vertical del agua, muy lenta, que alimente el acuífero principal en cuestión, a partir de un acuífero o masa de agua situada encima o debajo del mismo (Fig. 1.4). Como es lógico, este paso de agua vertical, solo es posible cuando existe una diferencia de potenciales entre ambos acuíferos (el que recarga y el recargado) y puede hacerse en uno u otro sentido, e incluso variar con el tiempo según sea la posición relativa de los niveles piezométricos de los mismos.

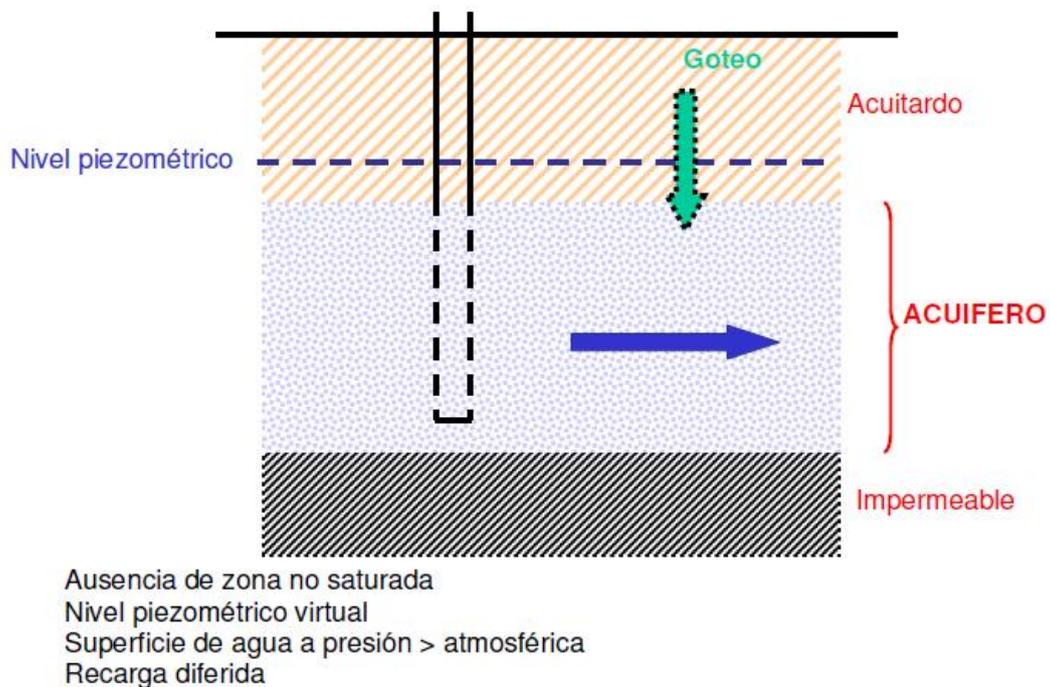


Fig. 1.4 Acuífero semiconfinado (Morell, 2007).

Un mismo acuífero puede ser libre, confinado y semiconfinado según sectores (Fig. 1.5).

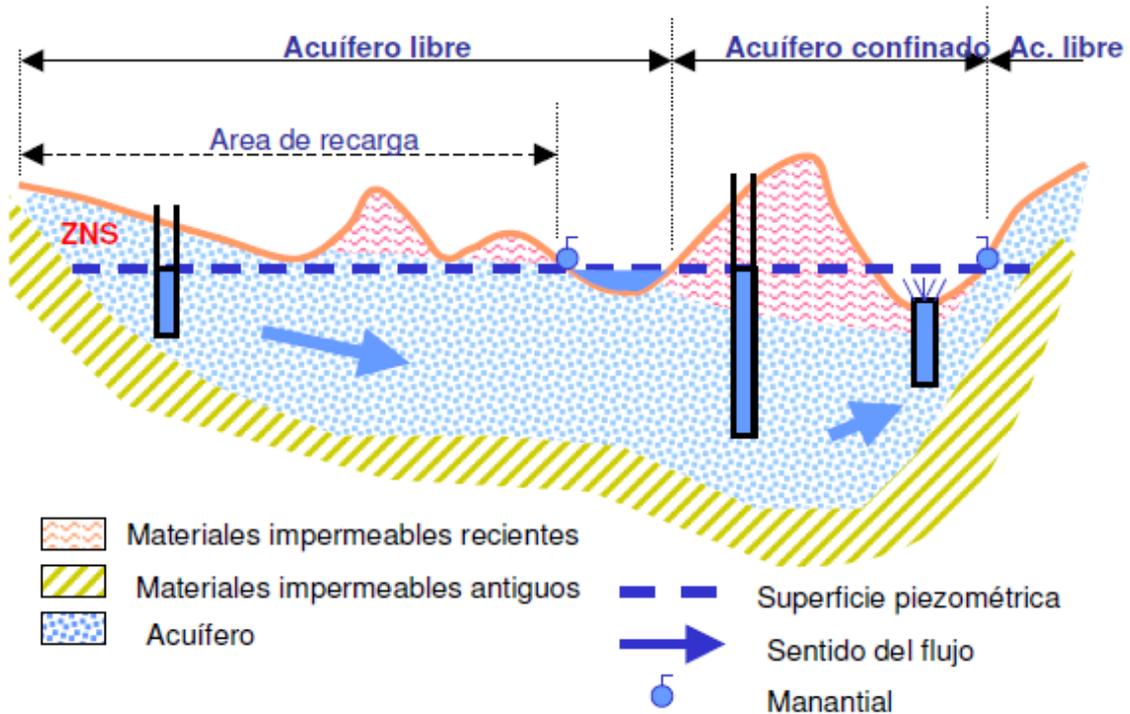


Fig. 1.5 Acuífero con presencia de partes confinadas, libres y semiconfinadas (Morell, 2007).

### 1.3. Características generales del Alto Palancia.

La comarca del Alto Palancia, situada en la Comunidad Valenciana en la provincia de Castellón (Fig.1.6) pertenece al llamado valle del Palancia, es la ruta natural que enlaza la costa valenciana con Aragón, el río Palancia, al que se ajusta casi totalmente a su cuenca, en concreto en sus tramos medio y alto, y que le da nombre tiene su curso en un valle amplio pero limpiamente delimitado por dos alineaciones montañosas que lo separan de las cuencas del Mijares y del Turia.

Cierran el valle por el NO los páramos de Barracas, una especie de llanura pedregosa, a mil metros de altitud, constituida por una plataforma de calizas jurásicas desgastadas y parcialmente recubierta por algunos sedimentos cuaternarios (cubeta del Toro). Estos paramos son más propios de las vecinas tierras aragonesas de Albentosa y Sarrión que del valle del Palancia en sentido estricto, por más que sus aguas constituyan la cabecera de este río, cuyo nacimiento se da al pie del Ragudo, que separa la unidad de los páramos de la cubeta de Viver y Jérica.

Pronto el río toma la misma dirección NO-SE que le marcan las dos grandes alineaciones montañosas que flaquean el valle. Por el lado del septentrión se levanta la Sierra de Espadán, un

anticlinal triásico que se desgaja de la Cordillera Ibérica en la Sierra de Pina (1405 m), y se prolonga hacia el mar por los picos del Pinar (1101m), la Rápita (1106m), Espadán (1041m) y Castro (855m), a cuyo pie se extiende ya la Vall d'Uixó, preludio de la llanura litoral. La Sierra de Espadán mide casi 50 km de larga y unos 20 de ancha, lo que hace de ella la mayor unidad montañosa del ibérico valenciano. En su interior, profusamente alterado por fallas, contiene varios pequeños valles como los de Higueros-Pavías, Gaibiel-Matet, Almonacid, Almedijar, Azuebar-Chovar en la cara que da al Palancia (Levante, EMV, 2005).

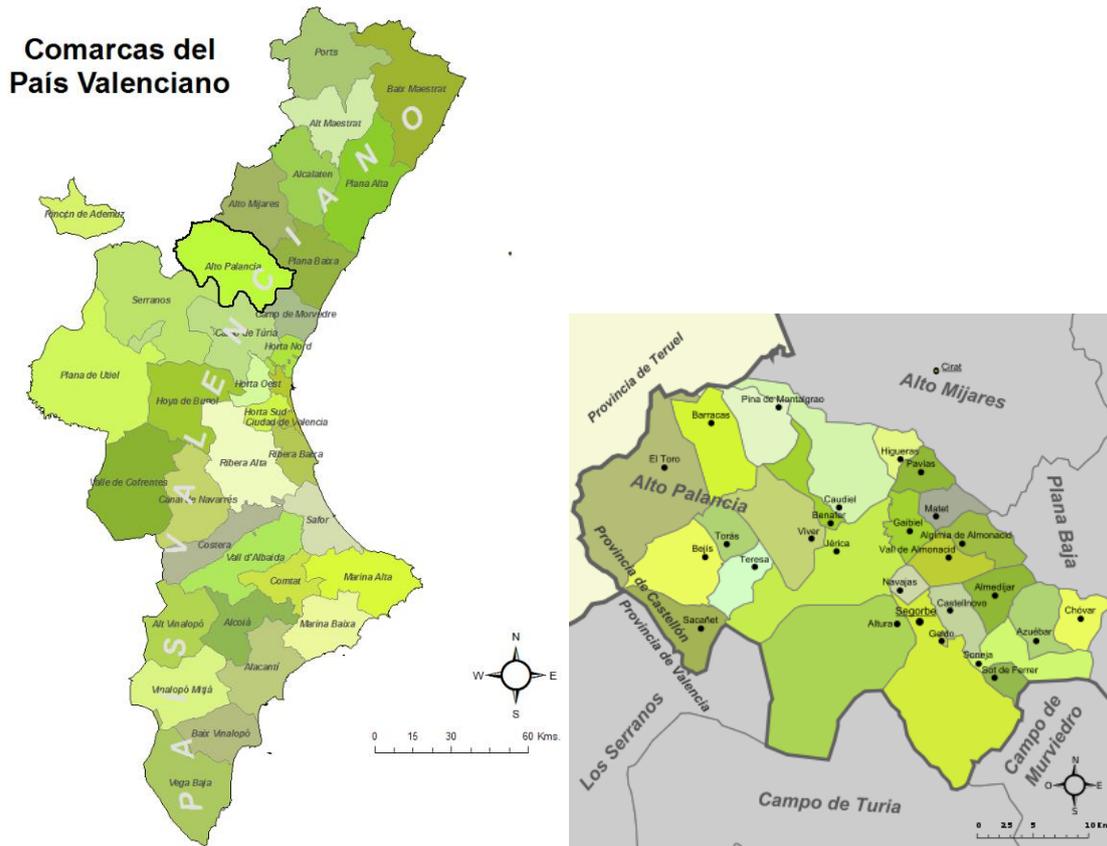


Fig. 1.6 Situación de la Comarca del alto Palancia y municipios que la componen (GV, 1988).

### Marco climático

Desde un punto de vista climático se trata de unas tierras de transición entre el clima de la llanura litoral valenciana y las tierras altas turolenses de Javalambre y la depresión de Sarrion (Clavero, 1977; Pérez Cueva, 1994a). Las mayores altitudes de la comarca se registran en el monte Pina (1404 m) y en las estribaciones de Javalambre (La Salada, 1581 m; Puntal del Agrillar, 1616 m, que es la cota más elevada de la comarca...). Si hubiera que precisar una

frontera climática, la más clara sería la del escalón del Ragudo, entre los altiplanos del interior y las cubetas y valles del Palancia (Hermosilla, 2005).

### Las Temperaturas

Las temperaturas medias anuales de la comarca alcanzan los 13-16° C en la mayor parte de la comarca. Son algo más elevadas en la cubeta de Segorbe (unos 15-16°C) que en la cubeta de Viver (13-14°C), lo que marca algunas pequeñas diferencias desde el punto de vista del regadío tradicional. En el altiplano de Barracas y montañas de Canales las temperaturas medias anuales bajan hasta los 11-12 °C (Pérez Cueva, 1994b).

Las medias de enero, el mes más frío, se sitúan sobre los 9-10° en la cubeta de Segorbe y valles bajos del Palancia y Alpuente, bajan a los 7-8°C en la cubeta de Viver, y a los 5-6°C en las tierras más altas del interior. Las temperaturas mínimas de enero presentan unas medias en torno a los 5°C en Segorbe, entre 2 y 3°C en la cubeta de Viver, y sobre 0° en las tierras más altas del interior, en donde la probabilidad de heladas se eleva considerablemente. Este incremento progresivo de la intensidad del frío a media que aumenta la altitud y la continentalidad (dos de los principales factores de las heladas) aumenta todavía más por el efecto de las inversiones térmicas, bastante intensas en estos valles cerrados, muy intensas en las cubetas interiores. La más propicia de ellas es la de Viver, que tiene una configuración tectónica muy cerrada, en las que todas las aguas (y asimismo el aire helado) se concentran en el Regajo. Ello determina, por ejemplo, que el clima de Jérica (situada a unos 550m snm) comparado con el de Segorbe (a unos 300m) apenas presente diferencias en las temperaturas máximas y medias, pero sí en las mínimas (Hermosilla, 2005).

### Precipitaciones y evapotranspiración

El resto de parámetros climáticos comarcales no suponen un factor limitante para el regadío tradicional. Las temperaturas máximas no llegan a alcanzar casi nunca valores extremos, las precipitaciones presentan unos valores normales para el territorio valenciano, en torno a los 550mm, y la evapotranspiración real, condicionada por unas temperaturas máximas moderadas, se sitúa alrededor de los 500mm, lo que permite un cierto margen de recarga hídrica.

Las precipitaciones son ligeramente superiores en las tierras altas occidentales y en los ejes montañosos de Espadán y Javalambre (550-600mm). Este débil incremento pluviométrico se

suma a unas temperaturas medias que, pueden llegar a ser hasta unos 4°C más bajas. Ello se traduce en que la evapotranspiración potencial se reduce en unos 700mm/año (frente a valores cercanos a los 850mm/año en Segorbe) y en que la evapotranspiración real no se incrementa a pesar de la mayor disponibilidad hídrica. Estos mayores recursos hídricos se producen en un territorio calcáreo, con suelos escasos y una vegetación moderada, lo que implica que buena parte de ellos sirven para aumentar la recarga hídrica de los acuíferos. Ello garantiza, en definitiva, la caudalosis de los manantiales, sobre todo al pie de estas montañas y altiplanos occidentales: es decir, en la cubeta de Viver y del propio Palancia (Hermosilla, 2005).

#### **1.4 . Acuíferos presentes en la zona.**

El área de estudio se encuentra situada sobre la zona corresponde al sistema de acuífero 56. Sierra del Espadán-plana de Castellón-plana de Sagunto (Fig.1.7)

Según se especifica en López Geta (1988), bajo la denominación de Sistema Acuífero de la Sierra de Espadán-Planas de Castellón y Sagunto se incluye un conjunto de subsistemas acuíferos ubicados en la mitad meridional de la provincia de Castellón, sector septentrional de la provincia de Valencia y extremo oriental de la de Cuenca.

El sistema ocupa una superficie de 3.250 km<sup>2</sup> de forma aproximadamente triangular, con vértice en las localidades de Landete, Puzol y Benicasim, y presenta una topografía sumamente diversificada, que varía entre los abruptos relieves triásicos y jurásicos de la Sierra del Espadán y Sierra de Toro, con cotas superiores a 1100 m.s.n.m., las altiplanicies cretácicas y miocenas de Alpuente y Landete, respectivamente, situadas a cota superior a 1000 m. , y las llanuras costeras pliocuaternarias de Castellón y Sagunto.

La red de drenaje está constituida fundamentalmente por los ríos Turia, Mijares y Palancia. Entre los de menor entidad cabe citar los ríos Seco, Belcaire, Albentosa, Montan, Bco. de Carraixet y nacimiento del Río Tuejar. El primero atraviesa el extremo occidental del Sistema en dirección norte-sur, profundamente encajado en materiales jurásicos a los cuales drena en una cuantía estimada en 26 hm<sup>3</sup>/año. El río Mijares discurre cercano al límite septentrional del sistema, para adentrarse aguas abajo del embalse de Schar, en la plana de Castellón.

La relación río-acuífero es compleja y se caracteriza por presentar un carácter netamente efluente hasta el embalse de Schar (17 hm<sup>3</sup>/año) para pasar a influente aguas abajo del mismo, con unas pérdidas, excluidas las que se producen en dicho embalse (25 hm<sup>3</sup>/año), estimada en 36 hm<sup>3</sup>/año.

El río Palancia es el único de los grandes ríos que desarrolla su cuenca íntegramente en el interior del sistema. A lo largo de sus 85 km de trazado presenta una estrecha relación con los acuíferos que atraviesa, drenándolos y alimentándolos alternativamente. El balance neto de dicha relación, aguas arriba del embalse del Regajo, es una aportación al caudal base del Palancia estimada en 12 hm<sup>3</sup>, incluyendo en esta cifra los aportes de numerosos manantiales no situados en el cauce del río, mientras que aguas abajo de dicho embalse el río permanece gran parte de año seco al ser netamente influente.

Las aportaciones de estos ríos y sus afluentes están regulados por los embalses de Arenós, Schar y Ma. Cristina, en la cuenca del río Mijares y el embalse del Regajo sobre el río Palancia. Los tres primeros se ubican fuera de los límites del sistema, si bien muy próximos al mismo, ejerciendo una notable influencia en su funcionamiento. La aportación conjunta regulada por todos ellos es de 212 hm<sup>3</sup>/año, con una garantía del 96%.

El sistema está integrado por cuatro formaciones con interés hidrogeológico:

- Areniscas ortocuarcíticas del Buntsandstein.
- Calizas y dolomías del Lías-Dogger.
- Calizas y dolomías del Cretácico Superior.
- Gravas, arenas y conglomerados pliocuaternarios.

La importancia relativa de las mismas varía según las zonas: en el sector occidental predominan las formaciones acuíferas del Jurásico y en menor escala, las del Cretácico; en el sector oriental el interés se centra casi exclusivamente en los materiales Pliocuaternarios y en las calizas y dolomías del Muschelkalk, mientras que las areniscas del Buntsandstein presentan un interés mucho más restringido.

El área ocupada por el sistema se incluye en su totalidad en la Cordillera ibérica, y la tectónica que le afecta es típicamente Germánica. El estilo de plegamiento varía notablemente de unos materiales a otros en función de su posición estratigráfica: mientras que los materiales cretácicos presentan una estructura a menudo horizontal, el Jurásico presenta pliegues mucho más violentos, y el Buntsandstein y Muschelkalk se caracterizan por la existencia de una densa red de fallas que individualizan gran número de bloques.

Los límites hidrogeológicos del sistema están definidos en función de la presencia de alineaciones triásicas de naturaleza diapírica: el límite septentrional está constituido por los afloramientos triásicos de la transversal de Sta. Cruz de Moya-Manzanera, que se prolongan

hacia el E con los de San Agustín, Arañuel, Cirat y Argelita; el límite occidental coincide con los afloramientos diapíricos de Keuper existentes entre Pedro Izquierdo y Laridete, y el contacto triásico-jurásico entre esta localidad y Garaballa; el límite meridional con la transversal triásica de Talayuela-Higueruela en la mitad oeste, mientras que en la mitad oriental el límite es abierto y en ocasiones convencional, contactando a través del mismo con los materiales miocenos del campo de Liria y miocuaternalio de la Plana de Valencia. Por último, el límite oriental es abierto y está constituido por el Mar Mediterráneo, con el que existe libre conexión.

En el sistema existen dos dominios sedimentarios con claras implicaciones hidrogeológicas:

- Planas de Castellón-Sagunto.
- Acuíferos mesozoicos del interior

El primero está constituido por niveles acuíferos pliocuaternalios de la llanura costera, que se extienden entre Benicasim y Puzol, mientras que el segundo engloba el conjunto de unidades acuíferas ubicadas en los materiales mesozoicos del interior, individualizados en función de la existencia de estructuras con significación hidrogeológica.

El funcionamiento hidráulico del sistema se caracteriza por la existencia de cuatro sectores diferenciados, coincidentes a grandes rasgos con las cuencas vertientes a los Ríos Turia, Alto Palancia, Medio Palancia-Mijares y Plana de Castellón-Sagunto.

En la figura 1.7 se observan los acuíferos presentes en la Comunidad Valenciana. Concretamente el acuífero 56 (figura 1.8) comprende el sistema Sierra Espadán- Plana Castellón- Plana Sagunto (López Geta, 1988).

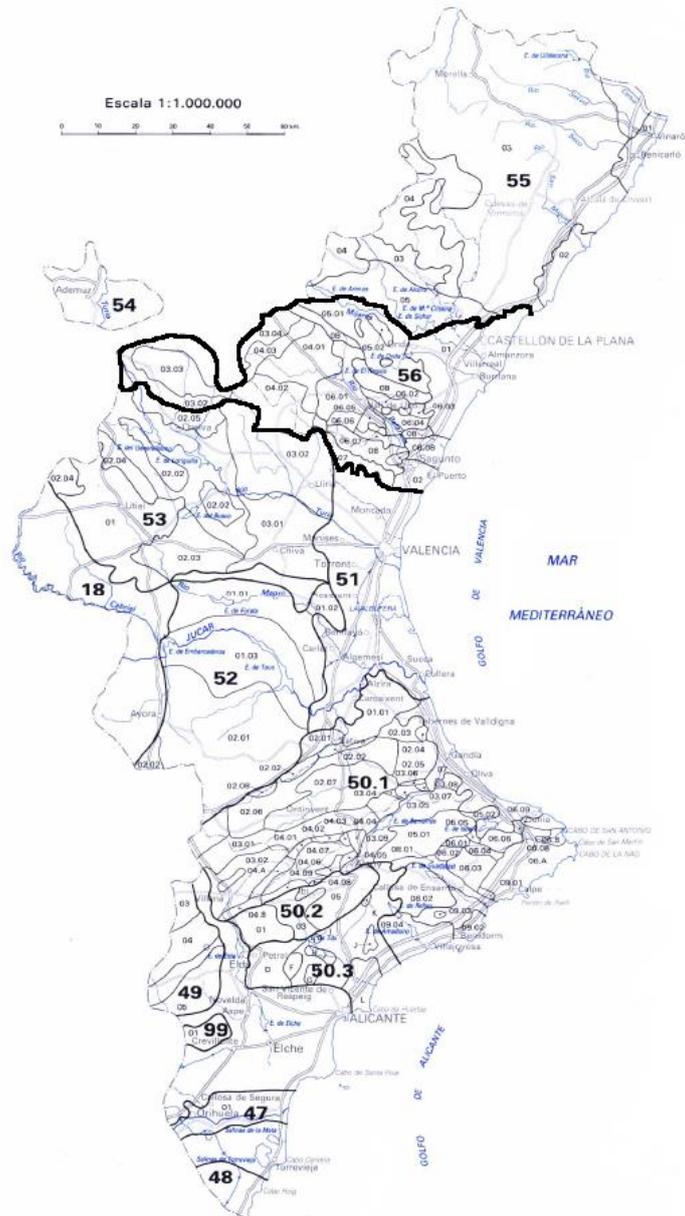
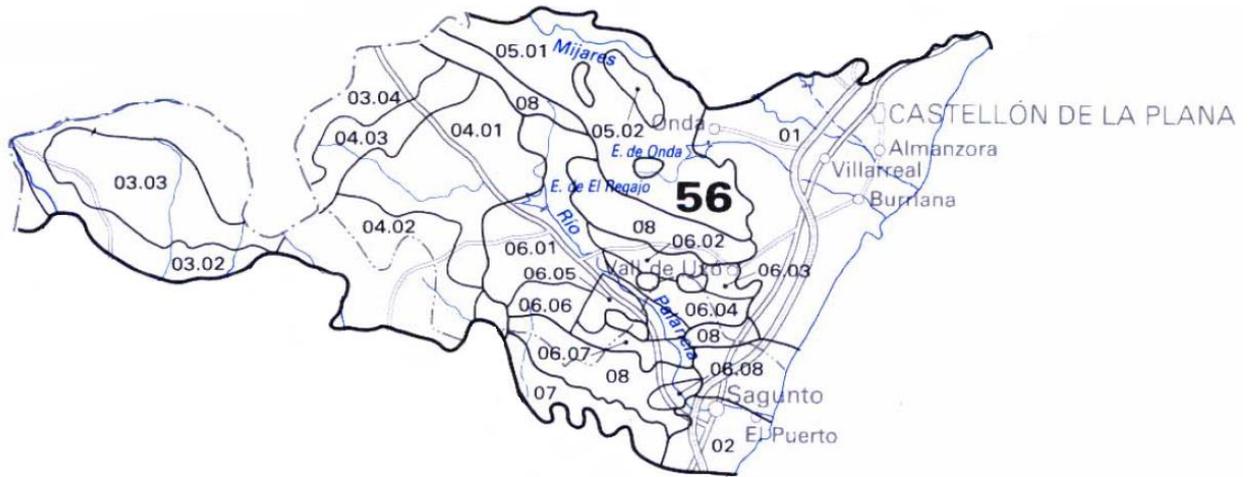


Fig. 1.7 Sistemas de acuíferos presentes en la Comunidad Valenciana.



**56. SISTEMA SIERRA ESPADAN - PLANA CASTELLON - PLANA SAGUNTO**

56.01.	Subsistema Plana de Castellón	56.06.	Subsistema Medio Palancia
56.02.	» Plana de Sagunto	06.01.	Acuífero Segorbe - Soneja
56.03.	Subsistema Landete - Alpuente - Sierra del Toro	06.02.	» Azuebar
03.01.	Acuífero El Revolcador	06.03.	» Vall de Uxó
03.02.	» Alpuente - La Yesa	06.04.	» Salto del Caballo
03.03.	» Alpuente - Titaguas	06.05.	» Algar Quart
03.04.	» Sierra del Toro	06.06.	» Cornaco
56.04.	Subsistema Jérica - Alcublas	06.07.	» Estivella
04.01.	Acuífero Jérica	06.08.	» Gausa
04.02.	» Alcublas	56.07.	Subsistema Náquera - Puzol
04.03.	» Transversal de Bejis	56.08.	» Sierra del Espadán
56.05.	Subsistema de Onda		
05.01.	Acuífero Onda		
05.02.	» Torrechiva - Sueras		

Fig.1.8 Detalle del sistema de acuíferos 56 y leyenda.

De todos los acuíferos pertenecientes al sistema 56 (Fig.1.8), los que están en la zona del Alto Palancia son los siguientes:

- |                                       |                                    |
|---------------------------------------|------------------------------------|
| 03.04. Acuífero Sierra del Toro.      | 06.04. Acuífero Salto del Caballo. |
| 04.01. Acuífero Jérica.               | 06.05. Acuífero Algar Quart.       |
| 04.02. Acuífero Alcublas.             | 06.06. Acuífero Cornaco.           |
| 04.03. Acuífero Transversal de Bejis. |                                    |
| 05.01. Acuífero Onda.                 |                                    |
| 06.01. Acuífero Segorbe – Soneja.     |                                    |
| 06.02. Acuífero Azuebar.              |                                    |
| 06.03. Acuífero Vall de Uxó.          |                                    |

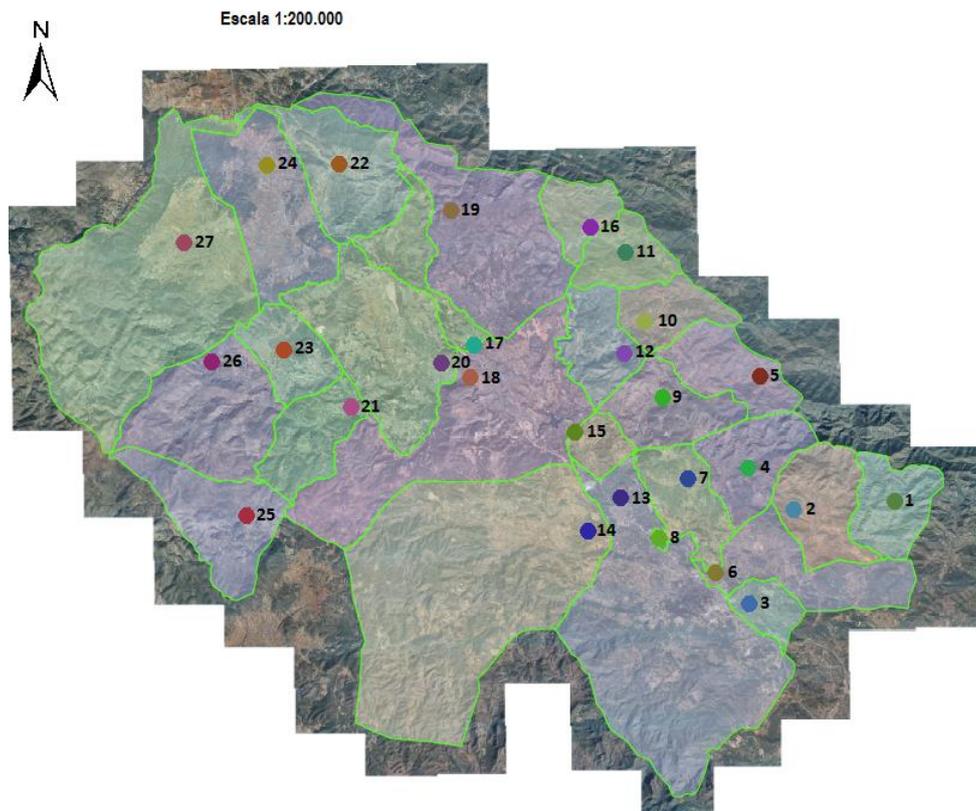
## **1.5. Objetivos.**

- Identificar la ubicación de fuentes de agua subterránea en la comarca del Alto Palancia (Castellón).
- Determinar la calidad de las aguas de las fuentes del Alto Palancia según los parámetros básicos que rige la legislación de aguas de consumo humano REAL DECRETO 140/2003, de 7 de febrero.
- Identificar los principales parámetros que afectan a la calidad de las aguas
- Proporcionar información actualizada sobre la calidad de las fuentes del Alto Palancia

## 2. MATERIALES Y MÉTODOS

### 2.1. Descripción de las fuentes.

Para la realización de este estudio y que fuera representativo de la zona se procedió a elegir una fuente de cada uno de los municipios existentes, a continuación se muestra la situación de todas ellas (Fig. 2.1):



**Leyenda:**

#### Fuentes

- |  |   |
|--|---|
| ● 1. La Fuente del Abrevador (Chóvar)              | ● 15. Fuente del Rio (Navajas)          |
| ● 2. Fuente Román (Azuébar)                        | ● 16. Fuente de Maricalva (Higueras)    |
| ● 3. Fuente Pozuelo (Sot de Ferrer)                | ● 17. Fuente de Los Nogales (Benafer)   |
| ● 4. Fuente Del Cañar (Almedijar)                  | ● 18. Fuente de Randurias (Jérica)      |
| ● 5. Fuente de La Calzada (Algimia de Almonacid)   | ● 19. Fuente Cuenca (Caudiel)           |
| ● 6. Fuente Manantial del Minguet (Soneja)         | ● 20. Fuente del Baile (Viver)          |
| ● 7. Fuente de La Mina (Castellново)               | ● 21. Fuente El Contis (Teresa)         |
| ● 8. Fuente del Santísimo Cristo de la Luz (Geldo) | ● 22. Fuente Vieja (Pina de Montalgrao) |
| ● 9. Fuente El Lentisco (Vall de Almonacid)        | ● 23. Fuente de las Carnaillas (Torás)  |
| ● 10. Fuente el Mone (Matet)                       | ● 24. Fuente de San Pedro (Barracas)    |
| ● 11. Fuente del Pozo (Pavías)                     | ● 25. Fuente de La Carrasca (Sacañet)   |
| ● 12. Fuente La Vall (Gaibiel)                     | ● 26. Fuente de los Cloticos (Bejís)    |
| ● 13. Fuente de los 50 Caños (Segorbe)             | ● 27. Fuente del Jariz (El Toro)        |
| ● 14. Fuente de la Cartuja (Altura)                |   |

Fig. 2.1 Mapa de la Comarca del Alto Palancia y situación de las fuentes

A continuación se muestran las fuentes con sus coordenadas de posición.



### CHOVAR

1. Imagen propia

Coordenadas: 39°51'04.27" N, 0°19'17.74" O

#### ***Fuente del Abrevador o de San Antonio Abad***

Situada dentro del casco urbano es utilizada para el abrevado del ganado.



### AZUÉBAR

2. Imagen propia

Coordenadas: 39°50'54.73" N, 0°23'00.09" O

#### ***Fuente Román***

Situada a las afueras del pueblo entre campos de cultivo al lado del camino. A mano se lee "Agua no potable".



### SOT DE FERRER.

3. Imagen propia

Coordenadas: 39°48'17.13" N, 0°24'41.79" O

#### ***Fuente Pozuelo***

Situada en la Plaza Mayor tiene dos grifos, el del lado éste canalizada del pueblo, el lado norte directa de manantial.



#### ALMEDIJAR

4. Imagen propia

Coordenadas: 39°52'07.23" N, 0°24'36.68" O

##### ***Fuente Del Cañar o de La Divina Pastora***

Situada en las inmediaciones del pueblo con zona de recreo y planta embotelladora de agua. Cartel de "Agua no clorada"



#### ALGIMIA DE ALMONACID

5. Imagen propia

Coordenadas: 39°54'39.95" N, 0°24'01.32" O

##### ***Fuente de La Calzada***

Situada a las afueras del pueblo en zona de acampada, en el barranco de Aguas Negras. A mano se lee "Agua no potable"



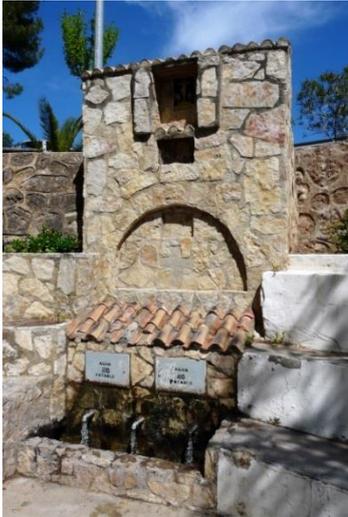
#### SONEJA

6. Imagen propia

Coordenadas: 39°49'09.36" N, 0°25'56.07" O

##### ***Fuente Manantial del Minguet.***

Su localización en zona de recreo pero con paso de ganado cercano lo que la hace poco atractiva. En el lado derecho existe un letrero donde se indica "agua no potable" casi desaparecido.



### CASTELLNOVO

7. Imagen propia

Coordenadas: 39°51'51.99" N, 0°26'49.56" O

#### ***Fuente de La Mina***

Situada en la zona recreativa en las inmediaciones del pueblo, se leen dos letreros de "Agua no potable".



### GELDO

8. Imagen propia

Coordenadas: 39°50'12.06" N, 0°27'57.16" O

#### ***Fuente del Santísimo Cristo de la luz***

Situada en el casco urbano cerca de los huertos y zona recreativa, el nacimiento está en el interior de una cochera. Letreros de "Agua no clorada" y "Agua no potable".



### VALL DE ALMONACID

9. Imagen propia

Coordenadas: 39°54'10.28" N, 0°27'39.94" O

#### ***Fuente El Lentisco***

Situada en un paseo a las afueras del pueblo en zona recreativa. Fuente muy popular a la que se le atribuyen propiedades diuréticas.

## MATET



10. Imagen propia

Coordenadas: 39°56'20.38" N, 0°28'12.91" O

### ***Fuente del Moné***

Situada en el casco urbano, viene canalizada el agua de la fuente de San Antonio Abad, rambla del molino en las afueras del pueblo. Reza "Agua no clorada, no apta para el consumo humano".



## PAVIÁS

11. Imagen propia

Coordenadas: 39°58'19.24" N, 0°28'52.13" O

### ***Fuente del pozo***

Situada muy cerca del pueblo en un entorno natural donde se ha abierto una zona de recreo.



## GAIBIEL

12. Imagen propia

Coordenadas: 39°55'28.07" N, 0°29'01.51" O

### ***Fuente La Vall***

Situada a escasos 2 km del pueblo en zona recreativa. A mano "Agua no potable".



### SEGORBE

13. Imagen propia

Coordenadas: 39°51'24.64" N, 0°29'17.03" O

#### ***Fuente de los 50 Caños o de Las Provincias***

Situada en las inmediaciones del pueblo en el margen derecho del río Palancia. Letrero de "Agua no potable".



### ALTURA

14. Imagen propia

Coordenadas: 39°50'28.10" N, 0°30'30.95" O

#### ***Fuente de La Cartuja***

Situada al lado de la Cartuja de Vall del Crist. Cartel de "Agua no potable"



### NAVAJAS

15. Imagen propia

Coordenadas: 39°53'16.68" N, 0°30'53.65" O

#### ***Fuente del Río***

Situada en las inmediaciones del casco urbano y pegada al río Palancia pasado el pantano del Regajo. A mano se lee "Agua no potable"



## HIGUERAS

16. Imagen propia

Coordenadas: 39°59'03.03" N, 0°30'05.87" O

### ***Fuente de Maricalva***

Situada en el centro del pueblo, alimentada directamente del manantial. Muy apreciada.



## BENAFER

17. Imagen propia

Coordenadas: 39°55'46.81" N, 0°34'29.14" O

### ***Fuente de Los Nogales***

Situada en un paraje cerca del río con zona recreativa. Cartel de "Agua no potable".



## JÉRICA

18. Imagen propia

Coordenadas: 39°54'54.60" N, 0°34'37.83" O

### ***Fuente de Santa Águeda***

Situada dentro del casco urbano en zona recreativa, está rodeada de huerta. Data del siglo XVIII.



### CAUDIEL

19. Imagen propia

Coordenadas: 39°59'37.85" N, 0°35'10.15" O

#### **Fuente Cuenca**

Situada en zona recreativa al borde del camino lejos del casco urbano. A mano se lee "Agua no potable".



### VIVER

20. Imagen propia

Coordenadas: 39°55'19.35" N, 0°35'40.20" O

#### **Fuente del Baile**

Situada en un rincón de la Localidad dentro del casco urbano. Letrero de "agua no potable"



### TERESA

21. Imagen propia

Coordenadas: 39°54'07.73" N, 0°38'58.58" O

#### **Fuente del Río o El Contis**

Situada en un área de recreo a las afueras del pueblo. Letrero de "agua no potable".



### **PINA DE MONTALGRAO**

22. Imagen propia

Coordenadas: 40°01'01.13" N, 0°39'12.38" O

#### ***Fuente Vieja***

Situada a la salida del pueblo, sus aguas vienen del manantial de La Marrionda; muy apreciada. Leemos "Agua no potable".



### **TORÁS**

23. Imagen propia

Coordenadas: 39°58'53.50" N, 0°44'56.57" O

#### ***Fuente de Las Camarillas***

Situada en zona recreativa junto al pantano, alejada del pueblo



### **BARRACAS**

24. Imagen propia

Coordenadas: 40°01'01.15" N, 0°41'52.15" O

#### ***Fuente de San Pedro***

Situada en el casco urbano en zona de recreo. Antiguamente servía de abastecimiento al pueblo. Inscripción con el año 1576 y letrero de "Agua no potable".



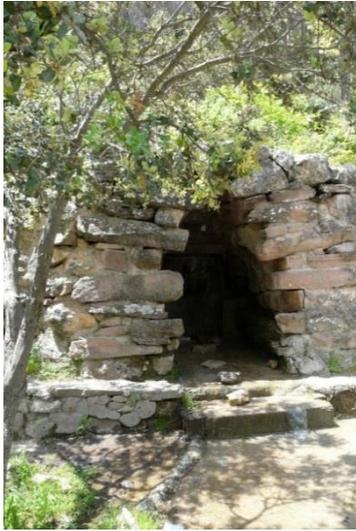
### SACAÑET

25. Imagen propia

Coordenadas: 39°51'01.01" N, 0°42'59.43" O

#### ***Fuente de La Carrasca***

En las inmediaciones del pueblo. En el paraje natural de La Carrasca. La fuente está seca.



### BEJÍS

26. Imagen propia

Coordenadas: 39°55'29.16" N, 0°44'02.81" O

#### ***Fuente de Los Clóticos***

Situada en un área recreativa a 3 km del pueblo, agua muy apreciada con planta embotelladora en las proximidades.



### EL TORO

27. Imagen propia

Coordenadas 39°58'53.50" N, 0°44'56.57" O

#### ***Fuente del Járiz o del Rey Don Jaime***

Situada en el centro del pueblo y construida en el 1799, sirvió como abrevadero de caballerías. Letrero de "Agua no potable".

## 2.2. Muestreo de las fuentes.

Cuando se van a tomar las muestras hay tener una serie de cuidados.

Los análisis a realizar son de dos tipos, físico químicos y microbiológicos, y en la toma de muestras de cada uno hay que seguir unas indicaciones.

Para cada fuente se tomaron dos submuestras: una para determinar los parámetros fisicoquímicos y otra para para los microbiológicos.

En las muestras destinadas a la realización de análisis fisicoquímicos los botes son de plástico, teniendo que estar previamente lavado con un jabón sin fosfatos y enjuagado con agua destilada.

Para los análisis microbiológicos los frascos son de vidrio, se tienen que lavar con jabón sin fosfatos, enjuagar con agua destilada y posteriormente esterilizarlos cerrados en el autoclave durante 30 minutos a 121C°.

El transporte de las muestras al laboratorio se realizó antes de 24 horas y a 4C°.

A continuación se presenta la fecha de toma de muestras de cada una de las fuentes (Tabla 2.1):

Nº muestra	Nombre fuente	Fecha toma de muestra
1	Fuente del Abrevador (Chóvar)	05/05/2013
2	Fuente Román (Azuébar)	05/05/2013
3	Fuente Pozuelo (Sot de Ferrer)	02/05/2013
4	Fuente Del Cañar (Almedijar)	05/05/2013
5	Fuente de La Calzada (Algimia de Almonacid)	12/05/2013
6	Fuente manantial del Minguet (Soneja)	02/05/2013
7	Fuente de La Mina (Castellnovo)	05/05/2013
8	Fuente del Santísimo Cristo de la luz (Geldo)	02/05/2013
9	Fuente el Lentisco (Vall de Almonacid)	12/05/2013
10	Fuente el Mone (Matet)	12/05/2013
11	Fuente del Pozo (Pavías)	19/05/2013

Nº muestra	Nombre fuente	Fecha toma de muestra
12	Fuente La Vall (Gaibiel)	12/05/2013
13	Fuente de los 50 Caños (Segorbe)	05/05/2013
14	Fuente de la Cartuja (Altura)	05/05/2013
15	Fuente del Río (Navajas)	12/05/2013
16	Fuente de Maricalva (Higueras)	19/05/2013
17	Fuente de Los Nogales (Benafer)	19/05/2013
18	Fuente de Randurias (Jérica)	12/05/2013
19	Fuente Cuenca (Caudiel)	19/05/2013
20	Fuente del Baile (Viver)	19/05/2013
21	Fuente El Contis (Teresa)	26/05/2013
22	Fuente Viejo (Pina de Montalgrao)	26/05/2013
23	Fuente de las Camarillas (Torás)	26/05/2013
24	Fuente de San Pedro (Barracas)	26/05/2013
25	Fuente de La Carrasca (Sacañet)	26/05/2013
26	Fuente de los Cloticos (Bejís)	26/05/2013
27	Fuente del Jaríz (El Toro)	26/05/2013

Tabla 2.1 Fecha toma de muestras.

### 2.3. Métodos analíticos utilizados.

#### pH

El pH se mide según el método 4500-H+B de APHA, AWWA y WEF (2005).

Al medir el pH lo primero que se tiene que hacer es calibrar el pHmetro (Crison PH25), las soluciones de calibración se harán en el orden pH7, pH9, pH4, tienen que estar a temperatura ambiente, según los vaya registrando el aparato.

Una vez calibrado se procederá medir el pH de las muestras, estas tienen que estar a temperatura ambiente, limpiando bien el sensor del aparato con agua destilada al pasar de una muestra a otra.

### **Conductividad**

La conductividad se mide según el método 2510 B de APHA, AWWA y WEF (2005).

La conductividad se medirá con un conductímetro (Multi 340i WTW), al pasar de una muestra a otra se debe proceder a enjuagar el sensor con agua destilada.

### **Amonio**

El amonio se determina según Baumgarten et.al. (1996)

Para la determinación de amonio se debe tener especial precaución ya que este compuesto es fácilmente volátil por lo que su análisis se realiza inmediatamente tras la toma de muestra

Como el amonio es muy volátil hay que tener cuidado con su manipulación y evitar la presencia de olores fuertes así como colonias, humos o productos de limpieza.

Todo el material a utilizar en el procedimiento debe ser enjuagado justo antes de su utilización con agua miliQ.

Los reactivos a utilizar son los siguientes:

Fenol: disolver 3,8g fenol ( $C_6H_5OH$ ) en 20 ml de etanol ( $C_2H_5OH$ ). Disolver 0,04 g de nitroprusiato de sodio dihidratado ( $Na_2Fe(CN)_5NO \cdot 2H_2O$ ) en 60 ml agua miliQ. Mezclar ambas diluciones y enrasar a 100ml. Conservar en nevera, frasco ámbar. Renovar cada mes

Solución tampón de citrato: Disolver calentando 48g de citrato tri-sódico dihidratado ( $C_5H_5Na_3O_7 \cdot 2H_2O$ ) y 0,08g de hidróxido de sodio ( $NaOH$ ), dejar hervir hasta llegar a un volumen de 100 ml. Conservar en nevera, frasco ámbar. Renovar cada 10 días.

Solución hipoclorito (DTT): disolver en 60 ml de agua miliQ 0,2 g de ácido diclorocianurico DTT ( $C_3Cl_2N_3NaO_3 \cdot 2H_2O$ ) y 1,6 g de hidróxido de sodio ( $NaOH$ ). Enrasar hasta 100 ml. Conservar en nevera, frasco ámbar de vidrio.

Solución patrón stock ( $10000\mu M NH_4$ ): secar cloruro de amonio ( $NH_4Cl$ ) a  $100^\circ C$ . Enfriar en desecador. Disolver 535 mg en 1L de agua miliQ. Conservar en nevera, frasco ámbar, se puede

guardar hasta 1 año. Se puede añadir una gota de cloroformo para ayudar a conservar. Renovar cada 2 meses.

Solución patrón de trabajo (10  $\mu\text{M}$ ): 0,5 ml de solución patrón stock enrasarlos a 500ml.

#### Procedimiento

Filtrar la muestra previamente a través de membranas de acetato de celulosa de 0.45  $\mu\text{m}$ . Se conserva a 4°C y se realiza su determinación antes de 24 horas. Su determinación se basa en la reacción de Berthelot. En medio alcalino el amonio disuelto ( $\text{NH}_4^+$ ) reacciona con el hipoclorito formando una monocloramina. Este compuesto, en presencia de fenol, y un exceso de hipoclorito da lugar a la formación de azul de indofenol proporcional a la cantidad de amonio que podremos determinar colorimétricamente. El ion nitroprusiato cataliza la reacción. La adición de citrato trisódico elimina la interferencia de Ca y Mg

Tomar 25 ml de muestra.

Lo primero que hay que realizar es la recta de calibrado según muestra la siguiente tabla, triplicando el blanco y la concentración de 10  $\mu\text{M}$

Se preparan las siguientes soluciones patrón con la concentración de N- $\text{NH}_4^+$  indicada en matraces aforados de 100 ml.

Concentración $\mu\text{M}$ de N- $\text{NH}_4^+$	0 (blanco)	0,5	1	2	5	10
ml solución stock trabajo	0	5	10	20	50	100
ml agua destilada	100	95	90	80	50	0

Luego preparar las muestras, se pondrán por duplicado 25 ml de cada muestra

Cuando ya está preparada la recta de calibrado y las muestras se procede a añadir los reactivos:

Añadir 1 ml de solución fenol y agitar

Añadir 0,5 ml de solución tampón de citrato y agitar

Añadir 1 ml de solución hipoclorito (DTT) y agitar.

Dejar las muestras en la oscuridad un mínimo de 6 horas (nunca más de 30 horas)

Leer la absorbancia a una longitud de onda de 630nm. previamente encender el aparato y dejarlo calentar 15 minutos. Utilizar la cubeta adecuada según el rango de concentración esperado (cubeta de 10 cm para 0,05-100  $\mu\text{M}$ , límite de detección 0,05  $\mu\text{M}$  que corresponde a una absorbancia de 0,01).

### **Coliformes totales y fecales**

Este procedimiento es de determinación de coliformes mediante filtros de membrana según los métodos 9222B y 9222D de APHA, AWWA y WEF (2005).

Todo el proceso debe realizarse próximo a un mechero Bunsen para trabajar en un entorno estéril.

Usando la técnica de filtración sobre membrana se deben filtrar 100 ml de agua de la muestra, homogeneizando previamente.

Se debe colocar un filtro de membrana, esta debe cogerse con pinzas esterilizadas con alcohol y fuego sobre un portafiltro al que se acopla un embudo y quita la bomba de vacío, añadir luego los 100 ml de agua. Encender la bomba de vacío y abrir la llave de paso que permita el paso del agua muestra poco a poco.

Cuando ya se ha filtrado toda el agua se cierra la llave de paso y se apaga la bomba, luego se saca el filtro con cuidado con unas pinzas esterilizadas y se coloca boca arriba sobre la placa de agar.

La placa se tiene que abrir cerca del mechero para evitar contaminación.

Cada vez que se cambie de muestra el portafiltro se debe lavar y esterilizar con un papel empapado con alcohol, luego es necesario filtrar agua destilada para retirar el posible exceso de alcohol y así ya está listo para filtrar la siguiente muestra.

Finalmente se deben meter las placas en las estufas correspondientes el tiempo adecuado

- Coliformes fecales: 24 horas a 41°C

- Coliformes totales: 24 horas a 37°C

Pasadas las 24 horas se sacan de la estufa las placas y se cuenta el número de colonias azules presentes en cada placa, eso son las UFC, las unidades formadoras de colonias.

## **Olor**

El olor se determina según Allaert y Escolà (2002)

Debido a que esta medida es muy subjetiva y varía con la sensibilidad de cada analista es recomendable que esta determinación se realice por un grupo de 5 personas y en ningún caso habrá de ser practicada por menos de dos.

Para este tipo de ensayos no se requiere tanta sensibilidad, pero sí una cierta práctica para desarrollar la sensibilidad del olfato. Limpiar cuidadosamente el material de vidrio y enjuagarlo con agua desodorizada. Numerar las muestras a fin de evitar toda influencia psicológica, el operador debe ignorar la dilución que se ha hecho. Operar en una habitación que esté al abrigo de olores extraños. Examinar todas las diluciones a la misma temperatura y compararlas con una muestra de agua sin olor. El trabajo de los operadores será así reducido a precisar si hay olor o no. Para aguas de fuertes olores, diluir suficientemente para que los operadores comiencen su experiencia con las diluciones de bajo nivel de percepción. No operar durante mucho tiempo (1 hora como máximo) para no fatigar el olfato.

Para obtener la intensidad del olor se debe poner en un primer matraz erlenmeyer 50 mL de muestra, en un segundo 16 mL, en un tercero 6 mL, y completar cada frasco hasta 240 mL con el agua inodora; en un cuarto erlenmeyer, poner 240 mL de agua inodora como referencia.

Para que la determinación sea completa se realizará en frío (25°C) y en caliente (60°C) después de calentar sobre placa o en baño maría. En todos los casos, no variar la temperatura en más de 1°C en el curso de una operación. Agitar cada frasco 3 o 4 veces antes de inspirar para caracterizar el tipo de olor.

Para aumentar la precisión, inspirar alternativamente el agua inodora y la muestra de dilución desconocida.

Los resultados se dan en números que expresan el valor del límite de percepción del olor. Este valor corresponde a la cifra de mayor dilución que da un olor perceptible.

## **Sabor**

El sabor se determina según Allaert y Escolà (2002)

Esta medida se basa en la finura del sentido del gusto del analista. El agua a examinar se diluye con agua sin gusto ("agua de referencia"). La degustación se efectúa empezando por las diluciones más grandes hasta la aparición del gusto.

Efectuar las degustaciones en un local reservado para este uso y asegurarse de la limpieza rigurosa del material de vidrio empleado. Antes de cada degustación, el operador se enjuagará la boca con el agua sin sabor, en general con agua de fuentes o pozos que tengan preferentemente una mineralización parecida al agua que se pretende examinar.

Efectuar la degustación a 30°C y algunas veces a 20°C (por ejemplo, si el agua contiene productos volátiles). Mantener el agua a examinar a la temperatura de degustación por cualquier procedimiento que permita alcanzar esta temperatura sin sobrecalentamiento (baño termostático, estufa de circulación de aire), sin agitación y sin modificación del gusto. Mantener los frascos que contienen las aguas bien cerradas durante esta operación.

Para degustar el agua se pueden emplear conjuntamente dos métodos, que en función de la rapidez de la operación se recomiendan:

- Tomar un poco de agua en la boca haciéndola pasar sucesivamente de un lado a otro de ella (eventualmente, dejar penetrar un poco de aire), después desecharla.
- Dejar una pequeña cantidad de agua en la parte anterior de la boca en contacto con las papilas de la punta de la lengua, sin agitar durante 5 ó 10 segundos (ello particularmente para aguas frías). Tragar seguida y pausadamente, pues algunos gustos se desarrollan inmediatamente después de la deglución.

La degustación se debe realizar por un equipo de por lo menos tres operadores y empezar por las diluciones más diluidas.

Dilución núm.	Agua a analizar (Volumen)	Agua de referencia (Volumen)	Umbral del gusto
0	1	0	1
1	1	0.5	1.5
2	1	1	2
3	1	2	3
4	1	4	5
5	1	6	7
6	1	9	10
7	1	14	15

Cuando el operador alcance el umbral de aparición del gusto, se debe lavar la boca y volver a comenzar la degustación con la dilución correspondiente: ello permite verificar la validez de su impresión.

### 3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.

#### 3.1 Variables fisicoquímicas y microbiológicas analizadas.

Los resultados obtenidos de la realización de los análisis se muestran a continuación (Tabla 3.1...3.27) y se comparan con los límites legales establecidos por el RD 140-2003, de 7 de febrero.

Para considerar un agua apta para el consumo debe superar positivamente todas las pruebas realizadas, si en alguno de los apartados el resultado es no apto por superar los límites legales establecidos se considerará el agua de esa fuente como no apta para el consumo.

1		Municipio: Chóvar	Fuente: Del abrevador	
Variables	Resultados	Límite legal	Apta /no apta	
Olor	1	3 a 25 °C Índice de dilución	Apta	
Sabor	0	3 a 25 °C Índice de dilución	Apta	
pH	7,81	De 6,5 a 9,5 Unidades de pH	Apta	
Conductividad	489 $\mu$ S/cm	2.500 $\mu$ S/cm a 20 °C	Apta	
Amonio	<0,002 mg/l	0,50 mg/l	Apta	
Col. Totales	0 UFC	0 UFC en 100 ml	Apta	
Col. Fecales	0 UFC	0 UFC en 100 ml	Apta	
<b>Resultado</b>	<b>Apta</b>			

Tabla 3.1 Resultados de los análisis de Chóvar.

2		Municipio: Azuébar	Fuente: Román	
Variables	Resultados	Límite legal	Apta /no apta	
Olor	1	3 a 25 °C Índice de dilución	Apta	
Sabor	1	3 a 25 °C Índice de dilución	Apta	
pH	6,77	De 6,5 a 9,5 Unidades de pH	Apta	
Conductividad	1457 $\mu$ S/cm	2.500 $\mu$ S/cm a 20 °C	Apta	
Amonio	<0,002 mg/l	0,50 mg/l	Apta	
Col. Totales	13 UFC	0 UFC en 100 ml	No Apta	

**2 Municipio: Azuébar**

**Fuente: Román**

<i>Variables</i>	<i>Resultados</i>	<i>Límite legal</i>	<i>Apta /no apta</i>
Col. Fecales	1 UFC	0 UFC en 100 ml	No Apta
<b>Resultado</b>	<b>No Apta</b>		

Tabla 3.2 Resultados de los análisis de Azuébar.

**3 Municipio: Sot se Ferrer**

**Fuente: Pozuelo (Este)**

<i>Variables</i>	<i>Resultados</i>	<i>Límite legal</i>	<i>Apta /no apta</i>
Olor	1	3 a 25 °C Índice de dilución	Apta
Sabor	0	3 a 25 °C Índice de dilución	Apta
pH	8,21	De 6,5 a 9,5 Unidades de pH	Apta
Conductividad	396 $\mu$ S/cm	2.500 $\mu$ S/cm a 20 °C	Apta
Amonio	0,002 mg/l	0,50 mg/l	Apta
Col. Totales	0 UFC	0 UFC en 100 ml	Apta
Col. Fecales	0 UFC	0 UFC en 100 ml	Apta
<b>Resultado</b>	<b>Apta</b>		

Tabla 3.3 Resultados de los análisis de Sot de Ferrer.

**4 Municipio: Almedijar**

**Fuente: Del Cañar**

<i>Variables</i>	<i>Resultados</i>	<i>Límite legal</i>	<i>Apta /no apta</i>
Olor	1	3 a 25 °C Índice de dilución	Apta
Sabor	1	3 a 25 °C Índice de dilución	Apta
pH	7,45	De 6,5 a 9,5 Unidades de pH	Apta
Conductividad	344 $\mu$ S/cm	2.500 $\mu$ S/cm a 20 °C	Apta
Amonio	<0,002 mg/l	0,50 mg/l	Apta
Col. Totales	10 UFC	0 UFC en 100 ml	No Apta
Col. Fecales	0 UFC	0 UFC en 100 ml	Apta
<b>Resultado</b>	<b>No Apta</b>		

Tabla 3.4 Resultados de los análisis de Almedijar.

**5 Municipio: Algimia de Almonacid**

**Fuente: De la Calzada**

<i>Variables</i>	<i>Resultados</i>	<i>Límite legal</i>	<i>Apta /no apta</i>
Olor	1	3 a 25 °C Índice de dilución	Apta
Sabor	0	3 a 25 °C Índice de dilución	Apta
pH	8,07	De 6,5 a 9,5 Unidades de pH	Apta
Conductividad	552 µS/cm	2.500 µS/cm a 20 °C	Apta
Amonio	<0,002 mg/l	0,50 mg/l	Apta
Col. Totales	53 UFC	0 UFC en 100 ml	No Apta
Col. Fecales	0 UFC	0 UFC en 100 ml	Apta
<b>Resultado</b>	<b>No Apta</b>		

Tabla 3.5 Resultados de los análisis de Algimia de Almonacid.

**6 Municipio: Soneja**

**Fuente: Manantial del Minguet**

<i>Variables</i>	<i>Resultados</i>	<i>Límite legal</i>	<i>Apta /no apta</i>
Olor	1	3 a 25 oC Índice de dilución	Apta
Sabor	1	3 a 25 oC Índice de dilución	Apta
pH	7,61	De 6,5 a 9,5 Unidades de pH	Apta
Conductividad	1974 µS/cm	2.500 µS/cm a 20 oC	Apta
Amonio	<0,002 mg/l	0,50 mg/l	Apta
Col. Totales	23 UFC	0 UFC en 100 ml	No Apta
Col. Fecales	0 UFC	0 UFC en 100 ml	Apta
<b>Resultado</b>	<b>No Apta</b>		

Tabla 3.6 Resultados de los análisis de Soneja.

**7 Municipio: Castellnovo**

**Fuente: De la mina**

<i>Variables</i>	<i>Resultados</i>	<i>Límite legal</i>	<i>Apta /no apta</i>
Olor	1	3 a 25 °C Índice de dilución	Apta
Sabor	0	3 a 25 °C Índice de dilución	Apta
pH	7,34	De 6,5 a 9,5 Unidades de pH	Apta
Conductividad	833 µS/cm	2.500 µS/cm a 20 °C	Apta
Amonio	<0,002 mg/l	0,50 mg/l	Apta
Col. Totales	2 UFC	0 UFC en 100 ml	No Apta

**7 Municipio: Castellnovo**

**Fuente: De la mina**

<i>Variables</i>	<i>Resultados</i>	<i>Límite legal</i>	<i>Apta /no apta</i>
Col. Fecales	0 UFC	0 UFC en 100 ml	Apta
<b>Resultado</b>	<b>No Apta</b>		

Tabla 3.7 Resultados de los análisis de Castellnovo.

**8 Municipio: Geldo**

**Fuente: Santísimo Cristo de la Luz**

<i>Variables</i>	<i>Resultados</i>	<i>Límite legal</i>	<i>Apta /no apta</i>
Olor	1	3 a 25 °C Índice de dilución	Apta
Sabor	0	3 a 25 °C Índice de dilución	Apta
pH	7,55	De 6,5 a 9,5 Unidades de pH	Apta
Conductividad	1159 $\mu$ S/cm	2.500 $\mu$ S/cm a 20 °C	Apta
Amonio	<0,002 mg/l	0,50 mg/l	Apta
Col. Totales	65 UFC	0 UFC en 100 ml	No Apto
Col. Fecales	18 UFC	0 UFC en 100 ml	No Apto
<b>Resultado</b>	<b>No Apta</b>		

Tabla 3.8 Resultados de los análisis de Geldo.

**9 Municipio: Vall de Almonacid**

**Fuente: El Lentisco**

<i>Variables</i>	<i>Resultados</i>	<i>Límite legal</i>	<i>Apta /no apta</i>
Olor	1	3 a 25 °C Índice de dilución	Apta
Sabor	0	3 a 25 °C Índice de dilución	Apta
pH	8,42	De 6,5 a 9,5 Unidades de pH	Apta
Conductividad	439 $\mu$ S/cm	2.500 $\mu$ S/cm a 20 °C	Apta
Amonio	0,050 mg/l	0,50 mg/l	Apta
Col. Totales	123 UFC	0 UFC en 100 ml	No Apta
Col. Fecales	0 UFC	0 UFC en 100 ml	Apta
<b>Resultado</b>	<b>No Apta</b>		

Tabla 3.9 Resultados de los análisis de Vall de Almonacid.

**10 Municipio: Matet**

**Fuente: El Mone**

<i>Variables</i>	<i>Resultados</i>	<i>Límite legal</i>	<i>Apta /no apta</i>
------------------	-------------------	---------------------	----------------------

**10 Municipio: Matet**

**Fuente: El Mone**

<i>Variables</i>	<i>Resultados</i>	<i>Límite legal</i>	<i>Apta /no apta</i>
Olor	1	3 a 25 °C Índice de dilución	Apta
Sabor	0	3 a 25 °C Índice de dilución	Apta
pH	7,83	De 6,5 a 9,5 Unidades de pH	Apta
Conductividad	779 $\mu$ S/cm	2.500 $\mu$ S/cm a 20 °C	Apta
Amonio	0,086 mg/l	0,50 mg/l	Apta
Col. Totales	0 UFC	0 UFC en 100 ml	Apta
Col. Fecales	0 UFC	0 UFC en 100 ml	Apta
<b>Resultado</b>	<b>Apta</b>		

Tabla 3.10 Resultados de los análisis de Matet.

**11 Municipio: Pavías**

**Fuente: Del Pozo**

<i>Variables</i>	<i>Resultados</i>	<i>Límite legal</i>	<i>Apta /no apta</i>
Olor	1	3 a 25 °C Índice de dilución	Apta
Sabor	0	3 a 25 °C Índice de dilución	Apta
pH	8,43	De 6,5 a 9,5 Unidades de pH	Apta
Conductividad	473 $\mu$ S/cm	2.500 $\mu$ S/cm a 20 °C	Apta
Amonio	0,010 mg/l	0,50 mg/l	Apta
Col. Totales	93 UFC	0 UFC en 100 ml	No Apta
Col. Fecales	0 UFC	0 UFC en 100 ml	Apta
<b>Resultado</b>	<b>No Apta</b>		

Tabla 3.11 Resultados de los análisis de Pavías.

**12 Municipio: Gaibiel**

**Fuente: La Vall**

<i>Variables</i>	<i>Resultados</i>	<i>Límite legal</i>	<i>Apta /no apta</i>
Olor	1	3 a 25 °C Índice de dilución	Apta
Sabor	0	3 a 25 °C Índice de dilución	Apta
pH	7,51	De 6,5 a 9,5 Unidades de pH	Apta
Conductividad	1177 $\mu$ S/cm	2.500 $\mu$ S/cm a 20 °C	Apta
Amonio	0,068 mg/l	0,50 mg/l	Apta
Col. Totales	35 UFC	0 UFC en 100 ml	No Apta

**12 Municipio: Gaibiel**

**Fuente: La Vall**

<i>Variables</i>	<i>Resultados</i>	<i>Límite legal</i>	<i>Apta /no apta</i>
Col. Fecales	0 UFC	0 UFC en 100 ml	Apta
<b>Resultado</b>	<b>No Apta</b>		

Tabla 3.12 Resultados de los análisis de Gaibiel.

**13 Municipio: Segorbe**

**Fuente: De los 50 caños o de las provincias**

<i>Variables</i>	<i>Resultados</i>	<i>Límite legal</i>	<i>Apta /no apta</i>
Olor	1	3 a 25 °C Índice de dilución	Apta
Sabor	0	3 a 25 °C Índice de dilución	Apta
pH	7,33	De 6,5 a 9,5 Unidades de pH	Apta
Conductividad	926 $\mu$ S/cm	2.500 $\mu$ S/cm a 20 °C	Apta
Amonio	0,086 mg/l	0,50 mg/l	Apta
Col. Totales	0 UFC	0 UFC en 100 ml	Apta
Col. Fecales	0 UFC	0 UFC en 100 ml	Apta
<b>Resultado</b>	<b>Apta</b>		

Tabla 3.13 Resultados de los análisis de Segorbe.

**14 Municipio: Altura**

**Fuente: De la Cartuja**

<i>Variables</i>	<i>Resultados</i>	<i>Límite legal</i>	<i>Apta /no apta</i>
Olor	1	3 a 25 °C Índice de dilución	Apta
Sabor	0	3 a 25 °C Índice de dilución	Apta
pH	7,43	De 6,5 a 9,5 Unidades de pH	Apta
Conductividad	761 $\mu$ S/cm	2.500 $\mu$ S/cm a 20 °C	Apta
Amonio	<0,002 mg/l	0,50 mg/l	Apta
Col. Totales	0 UFC	0 UFC en 100 ml	Apta
Col. Fecales	0 UFC	0 UFC en 100 ml	Apta
<b>Resultado</b>	<b>Apta</b>		

Tabla 3.14 Resultados de los análisis de Altura.

**15 Municipio: Navajas**

**Fuente: Del Río**

<i>Variables</i>	<i>Resultados</i>	<i>Límite legal</i>	<i>Apta /no apta</i>
Olor	1	3 a 25 °C Índice de dilución	Apta
Sabor	0	3 a 25 °C Índice de dilución	Apta
pH	7,60	De 6,5 a 9,5 Unidades de pH	Apta
Conductividad	803 µS/cm	2.500 µS/cm a 20 °C	Apta
Amonio	0,008 mg/l	0,50 mg/l	Apta
Col. Totales	72 UFC	0 UFC en 100 ml	No Apta
Col. Fecales	6 UFC	0 UFC en 100 ml	No Apta
<b>Resultado</b>	<b>No Apta</b>		

Tabla 3.15 Resultados de los análisis de Navajas.

**16 Municipio: Higueras**

**Fuente: De la Maricalva**

<i>Variables</i>	<i>Resultados</i>	<i>Límite legal</i>	<i>Apta /no apta</i>
Olor	1	3 a 25 °C Índice de dilución	Apta
Sabor	0	3 a 25 °C Índice de dilución	Apta
pH	7,88	De 6,5 a 9,5 Unidades de pH	Apta
Conductividad	466 µS/cm	2.500 µS/cm a 20 °C	Apta
Amonio	<0,002 mg/l	0,50 mg/l	Apta
Col. Totales	4UFC	0 UFC en 100 ml	No Apta
Col. Fecales	0 UFC	0 UFC en 100 ml	Apta
<b>Resultado</b>	<b>No Apta</b>		

Tabla 3.16 Resultados de los análisis de Higueras.

**17 Municipio: Benafer**

**Fuente: De los Nogales**

<i>Variables</i>	<i>Resultados</i>	<i>Límite legal</i>	<i>Apta /no Apta</i>
Olor	1	3 a 25 °C Índice de dilución	Apta
Sabor	0	3 a 25 °C Índice de dilución	Apta
pH	7,53	De 6,5 a 9,5 Unidades de pH	Apta
Conductividad	942 µS/cm	2.500 µS/cm a 20 °C	Apta
Amonio	<0,002 mg/l	0,50 mg/l	Apta
Col. Totales	0 UFC	0 UFC en 100 ml	Apta

**17 Municipio: Benafer**

**Fuente: De los Nogales**

<i>Variables</i>	<i>Resultados</i>	<i>Límite legal</i>	<i>Apta /no Apta</i>
Col. Fecales	0 UFC	0 UFC en 100 ml	Apta
<b>Resultado</b>	<b>Apta</b>		

Tabla 3.17 Resultados de los análisis de Benafer.

**18 Municipio: Jérica**

**Fuente: Randurías**

<i>Variables</i>	<i>Resultados</i>	<i>Límite legal</i>	<i>Apta /no apta</i>
Olor	1	3 a 25 °C Índice de dilución	Apta
Sabor	0	3 a 25 °C Índice de dilución	Apta
pH	7,49	De 6,5 a 9,5 Unidades de pH	Apta
Conductividad	872 $\mu$ S/cm	2.500 $\mu$ S/cm a 20 °C	Apta
Amonio	0,152 mg/l	0,50 mg/l	Apta
Col. Totales	7 UFC	0 UFC en 100 ml	No Apta
Col. Fecales	0 UFC	0 UFC en 100 ml	Apta
<b>Resultado</b>	<b>No Apta</b>		

Tabla 3.18 Resultados de los análisis de Jérica.

**19 Municipio: Caudiel**

**Fuente: Cuenca**

<i>Variables</i>	<i>Resultados</i>	<i>Límite legal</i>	<i>Apta /no apta</i>
Olor	1	3 a 25 °C Índice de dilución	Apta
Sabor	0	3 a 25 °C Índice de dilución	Apta
pH	8,07	De 6,5 a 9,5 Unidades de pH	Apta
Conductividad	330 $\mu$ S/cm	2.500 $\mu$ S/cm a 20 °C	Apta
Amonio	0,008 mg/l	0,50 mg/l	Apta
Col. Totales	0 UFC	0 UFC en 100 ml	Apta
Col. Fecales	0 UFC	0 UFC en 100 ml	Apta
<b>Resultado</b>	<b>Apta</b>		

Tabla 3.19 Resultados de los análisis de Caudiel.

**20 Municipio: Viver**

**Fuente: Del Baile**

<i>Variables</i>	<i>Resultados</i>	<i>Límite legal</i>	<i>Apta /no Apta</i>
Olor	1	3 a 25 °C Índice de dilución	Apta
Sabor	0	3 a 25 °C Índice de dilución	Apta
pH	7,76	De 6,5 a 9,5 Unidades de pH	Apta
Conductividad	698 $\mu$ S/cm	2.500 $\mu$ S/cm a 20 °C	Apta
Amonio	0,018 mg/l	0,50 mg/l	Apta
Col. Totales	0 UFC	0 UFC en 100 ml	Apta
Col. Fecales	0 UFC	0 UFC en 100 ml	Apta
<b>Resultado</b>	<b>Apta</b>		

Tabla 3.20 Resultados de los análisis de Viver.

**21 Municipio: Teresa**

**Fuente: El Contis**

<i>Variables</i>	<i>Resultados</i>	<i>Límite legal</i>	<i>Apta /no Apta</i>
Olor	1	3 a 25 °C Índice de dilución	Apta
Sabor	0	3 a 25 °C Índice de dilución	Apta
pH	7,76	De 6,5 a 9,5 Unidades de pH	Apta
Conductividad	699 $\mu$ S/cm	2.500 $\mu$ S/cm a 20 °C	Apta
Amonio	<0,002 mg/l	0,50 mg/l	Apta
Col. Totales	1 UFC	0 UFC en 100 ml	No Apta
Col. Fecales	0 UFC	0 UFC en 100 ml	Apta
<b>Resultado</b>	<b>No Apta</b>		

Tabla 3.21 Resultados de los análisis de Teresa.

**22 Municipio: Pina de Montalgrao**

**Fuente: Vieja**

<i>Variables</i>	<i>Resultados</i>	<i>Límite legal</i>	<i>Apta /no apta</i>
Olor	1	3 a 25 °C Índice de dilución	Apta
Sabor	0	3 a 25 °C Índice de dilución	Apta
pH	7,62	De 6,5 a 9,5 Unidades de pH	Apta
Conductividad	526 $\mu$ S/cm	2.500 $\mu$ S/cm a 20 °C	Apta
Amonio	0,012 mg/l	0,50 mg/l	Apta
Col. Totales	36 UFC	0 UFC en 100 ml	No Apta

**22 Municipio: Pina de Montalgrao Fuente: Vieja**

<i>Variables</i>	<i>Resultados</i>	<i>Límite legal</i>	<i>Apta /no apta</i>
Col. Fecales	0 UFC	0 UFC en 100 ml	Apta
<b>Resultado</b>	<b>No Apta</b>		

Tabla 3.22 Resultados de los análisis de Pina de Montalgrao.

**23 Municipio: Torás Fuente: De las Camarillas**

<i>Variables</i>	<i>Resultados</i>	<i>Límite legal</i>	<i>Apta /no Apta</i>
Olor	1	3 a 25 °C Índice de dilución	Apta
Sabor	0	3 a 25 °C Índice de dilución	Apta
pH	7,51	De 6,5 a 9,5 Unidades de pH	Apta
Conductividad	548 $\mu$ S/cm	2.500 $\mu$ S/cm a 20 °C	Apta
Amonio	<0,002 mg/l	0,50 mg/l	Apta
Col. Totales	0 UFC	0 UFC en 100 ml	Apta
Col. Fecales	0 UFC	0 UFC en 100 ml	Apta
<b>Resultado</b>	<b>Apta</b>		

Tabla 3.23 Resultados de los análisis de Torás.

**24 Municipio: Barracas Fuente: De San Pedro**

<i>Variables</i>	<i>Resultados</i>	<i>Límite legal</i>	<i>Apta /no apta</i>
Olor	1	3 a 25 °C Índice de dilución	Apta
Sabor	0	3 a 25 °C Índice de dilución	Apta
pH	7,46	De 6,5 a 9,5 Unidades de pH	Apta
Conductividad	856 $\mu$ S/cm	2.500 $\mu$ S/cm a 20 °C	Apta
Amonio	0,012 mg/l	0,50 mg/l	Apta
Col. Totales	2 UFC	0 UFC en 100 ml	No Apta
Col. Fecales	0 UFC	0 UFC en 100 ml	Apta
<b>Resultado</b>	<b>No Apta</b>		

Tabla 3.24 Resultados de los análisis de Barracas.

**25 Municipio: Sacañet Fuente: De la Carrasca**

<i>Variables</i>	<i>Resultados</i>	<i>Límite legal</i>	<i>Apta /no Apta</i>
Olor	Sin datos	3 a 25 °C Índice de dilución	0
Sabor	Sin datos	3 a 25 °C Índice de dilución	0
pH	Sin datos	De 6,5 a 9,5 Unidades de pH	0
Conductividad	Sin datos	2.500 µS/cm a 20 °C	0
Amonio	Sin datos	0,50 mg/l	0
Col. Totales	Sin datos	0 UFC en 100 ml	0
Col. Fecales	Sin datos	0 UFC en 100 ml	0
<b>Resultado</b>	<b>Sin datos</b>		

Tabla 3.25 Resultados de los análisis de Sacañet.

**26 Municipio: Bejís**

**Fuente: De los Cloticos**

<i>Variables</i>	<i>Resultados</i>	<i>Límite legal</i>	<i>Apta /no Apta</i>
Olor	1	3 a 25 °C Índice de dilución	Apta
Sabor	0	3 a 25 °C Índice de dilución	Apta
pH	7,98	De 6,5 a 9,5 Unidades de pH	Apta
Conductividad	291 µS/cm	2.500 µS/cm a 20 °C	Apta
Amonio	<0,002 mg/l	0,50 mg/l	Apta
Col. Totales	0 UFC	0 UFC en 100 ml	Apta
Col. Fecales	0 UFC	0 UFC en 100 ml	Apta
<b>Resultado</b>	<b>Apta</b>		

Tabla 3.26 Resultados de los análisis de Bejís.

**27 Municipio: El Toro**

**Fuente: Del Jaríz**

<i>Variables</i>	<i>Resultados</i>	<i>Límite legal</i>	<i>Apta /no Apta</i>
Olor	1	3 a 25 °C Índice de dilución	Apta
Sabor	0	3 a 25 °C Índice de dilución	Apta
pH	7,89	De 6,5 a 9,5 Unidades de pH	Apta
Conductividad	466 µS/cm	2.500 µS/cm a 20 °C	Apta
Amonio	0,010 mg/l	0,50 mg/l	Apta
Col. Totales	47 UFC	0 UFC en 100 ml	No Apta
Col. Fecales	0 UFC	0 UFC en 100 ml	Apta

27 Municipio: El Toro

Fuente: Del Jaríz

Variables	Resultados	Límite legal	Apta /no Apta
<b>Resultado</b>	<b>No Apta</b>		

Tabla 3.27 Resultados de los análisis de El Toro.

Como se puede apreciar en la Fig. 3.1, el 61,54% de las fuentes analizadas no son aptas para el consumo humano respecto al 38,46% que sí lo son.

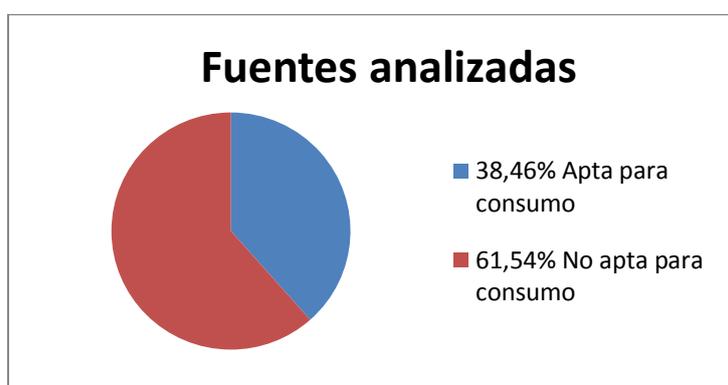


Fig. 3.1 Calidad de las fuentes analizadas en %.

Las variables que hacen que se incumpla la legislación son las bacterias, en todos los casos que hay incumplimiento es debido a coliformes totales, del total de estos coliformes en un 18,75% de los casos es también debido a presencia de coliformes fecales. (Fig. 3.2)

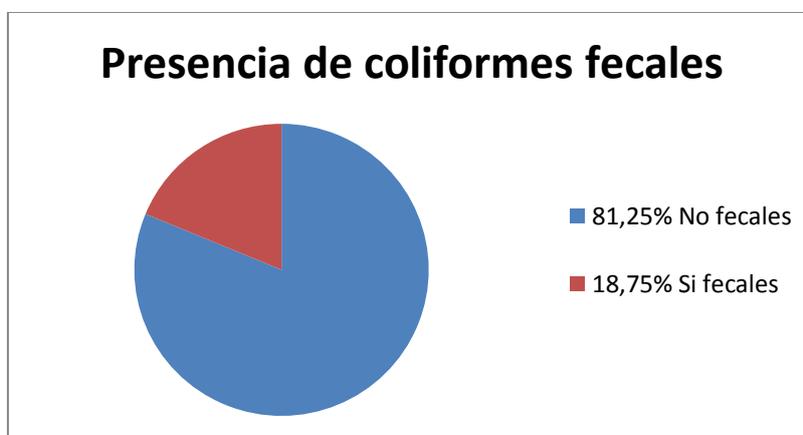


Fig. 3.2 Cantidad de coliformes fecales respecto al total de fuentes no aptas en %.

### 3.2. Discusión y distribución espacial de las variables analizadas.

A continuación se procede a discutir cada una de las variables.

**Olor**, se trata del conjunto de sensaciones percibidas por el órgano del olfato al captar ciertas sustancias volátiles. Se debe principalmente a la presencia de sustancias organolépticas. Algunos olores indican un incremento en la actividad biológica, otros pueden tener su origen en la contaminación industrial (OMS, 1988).

En general se puede apreciar que los resultados obtenidos en todas las fuentes (Tabla 3.1, ..., Tabla 3.27) han sido el mismo (1), ya que en ninguna de ellas se detectó olor alguno, lo que está dentro de los valores permitidos por el RD 140-2003, de 7 de febrero.

**Sabor**, se trata del conjunto de sensaciones percibidas a continuación de la estimulación de las células gustativas por ciertas sustancias solubles, tiene lugar por la percepción combinada de sustancias detectadas por los sentidos del gusto y del olfato, por lo general las papilas gustativas de la cavidad bucal detectan específicamente compuestos inorgánicos de metales (OMS, 1985).

En general se puede apreciar que los resultados obtenidos en todas las fuentes (Tabla 3.1, ..., Tabla 3.27) han sido 0, no presentaban sabor, excepto fuente 2: Román, fuente 4: Del Cañar, y fuente 6: Manantial del Minguet (Tabla 3.2, Tabla 3.4, Tabla 3.6 respectivamente) que presentan un ligero sabor 1, lo que está dentro de los valores permitidos por el RD 140-2003, de 7 de febrero.

**pH**, según indica Lamas (2001), es una de las características más importantes de las aguas. Su origen puede ser natural o artificial. Como causa natural se encuentra, en primer lugar el anhídrido carbónico disuelto, procedente de la atmósfera, y más fundamentalmente de la respiración de los organismos vivos, así como la respiración y fotosíntesis de los organismos acuáticos, aumentando la solubilidad del CO<sub>2</sub> en el agua al disminuir la temperatura. En este caso, el pH del agua depende del contenido de anhídrido carbónico en relación con la mineralización total de la misma. Efectos de la alcalinización natural de un agua pueden detectarse por disolución de rocas y minerales alcalinos y alcalinotérreos del terreno drenado por agua.

El pH en todos los análisis está dentro de los valores especificados en el RD 140-2003, de 7 de febrero, pero se pueden distinguir varios grupos, ya que la mayoría de las fuentes están entre

7.33 y 7.98, pero existen cinco fuentes con valores de pH mayor de 8: fuente 3: Pozuelo, fuente 5: De la Calzada, fuente 9: Del Lentisco, fuente 11: Del pozo, fuente 19: Cuenca (Tablas 3.3, 3.5, 3.9, 3.11, 3.19 respectivamente) y una fuente con un valor menor de 7, fuente 2: Román (Tabla 3.2).

En la figura 3.3 se observa la distribución espacial del pH medido en cada fuente. En la misma no se aprecia ninguna pauta de distribución espacial clara.

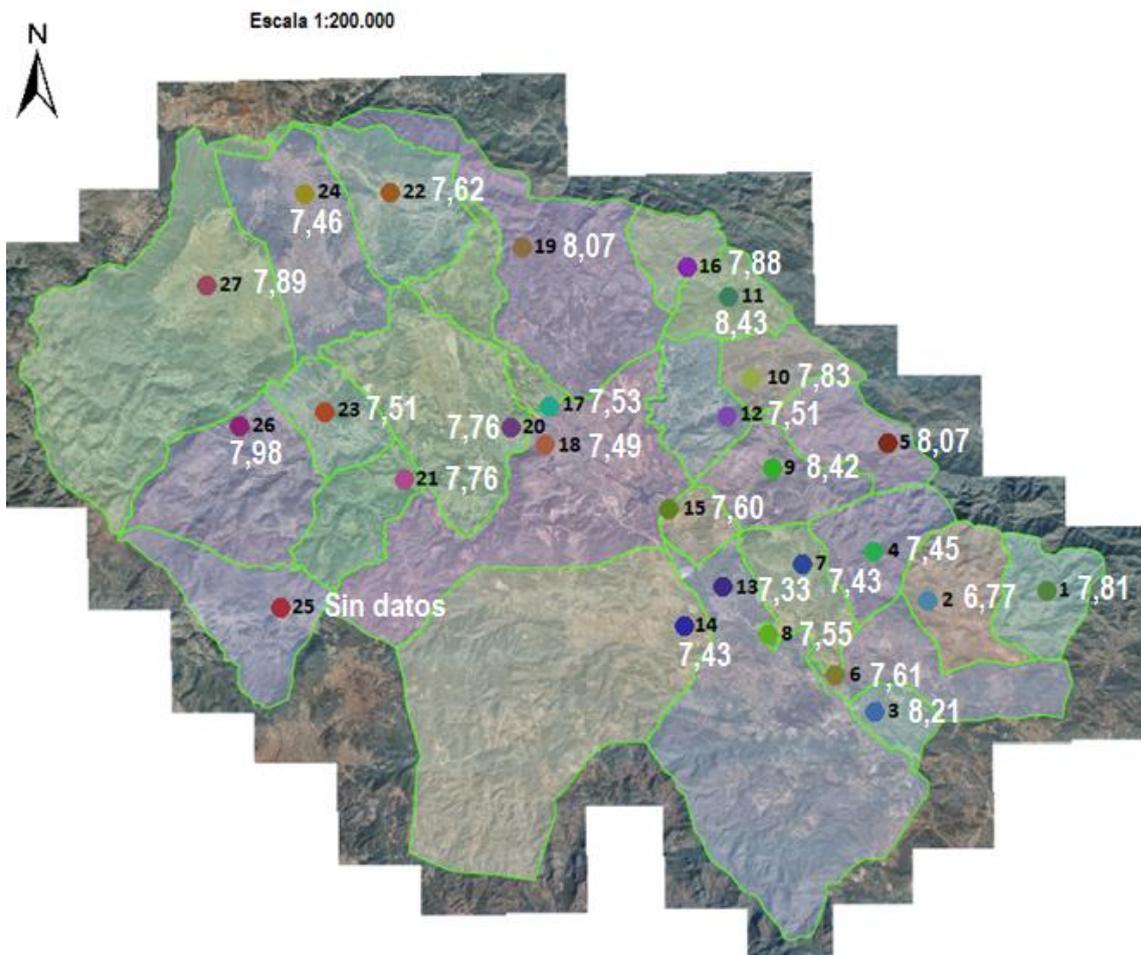


Fig. 3.3 Distribución de los valores de pH.

**Conductividad**, o conductividad eléctrica es la capacidad de una disolución acuosa para conducir la electricidad, está producida por los electrolitos que lleva disueltos el agua, y depende del medio por el que pase el agua y por la posibilidad de disolución de rocas y materiales, el tipo de sales presentes, el tiempo de disolución, temperatura, gases disueltos, pH y toda la serie de factores que pueden afectar la solubilidad de un soluto en agua (Ayora, 2006).

La conductividad en todos los análisis está dentro de los valores especificado en el RD 140-2003, de 7 de febrero, pero se pueden distinguir varios grupos, ya que la mayoría de las fuentes están entre 400  $\mu\text{S}/\text{cm}$  y 900  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , pero existen seis fuentes con valores de conductividad mayor de 900  $\mu\text{S}/\text{cm}$ : fuente 2: Román, fuente 6: Manantial del Minguet, fuente 8: Del Santísimo Cristo de la Luz, fuente 12: La Vall, fuente13: De los 50 Caños y fuente 17: De los Nogales (Tablas 3.2, 3.6, 3.8, 3.12, 3.13, 2.17 respectivamente) y cuatro fuentes con valores menores de 400  $\mu\text{S}/\text{cm}$ : fuente 3: Pozuelo, fuente 4: Del Cañar, fuente 19: Cuenca y fuente26: De los Cloticos (Tablas 3.3, 3.4, 3.19, 3.26 respectivamente).

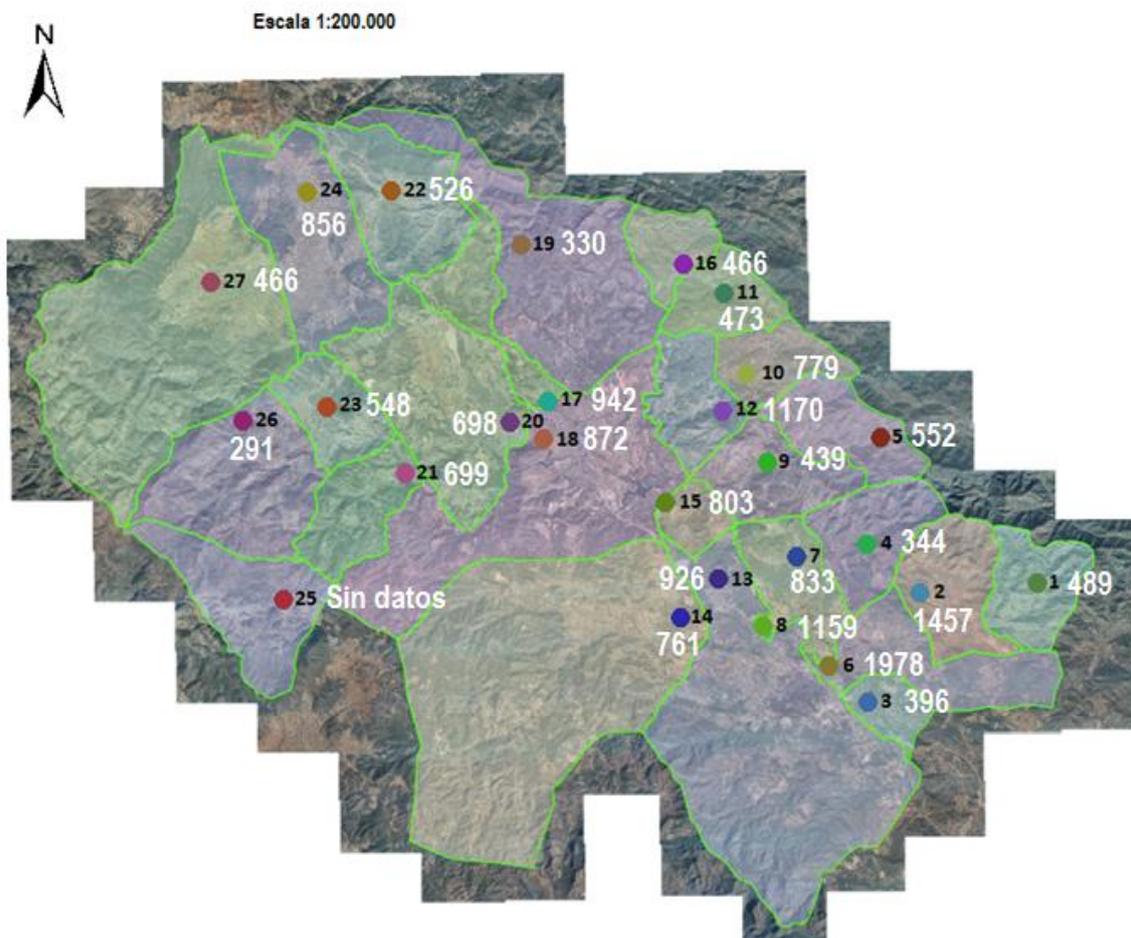


Fig. 3.4 Distribución de los valores de conductividad ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ ).

Si bien en la figura 3.4 no se aprecia una pauta clara de distribución espacial de los valores de conductividad, se puede observar que la fuente que presenta una menor conductividad es la 26, Los Cloticos, que se encuentra en el oeste de la zona de estudio a una altura de 780m y es apta para su consumo por no sobrepasar ninguna de las variables indicadoras. Por el contrario la que presenta una mayor conductividad es la correspondiente a la fuente 6, El Manantial del Minguet,

está situada al este de la zona de estudio y a una altura de 270m, no es apta por el consumo por tener presencia de coliformes totales. Próximas a la fuente 6, la 2: Román y la 8: Santísimo Cristo de la Luz presentan unos de los valores de conductividad más altos de entre todas las fuentes muestreadas, las 3 fuentes se encuentran a una altura de aproximadamente 300m y no son aptas para su consumo por tener presencia de coliformes.

**Amonio ( $\text{NH}_4^+$ )**, es la primera sustancia de descomposición de la materia orgánica que se forma durante el ciclo del nitrógeno y es la más tóxica de ellas. Por oxidación del  $\text{NH}_4^+$  puede ser nitrificado, es decir, transformado en nitritos ( $\text{NO}_2^-$ ) y después en nitratos ( $\text{NO}_3^-$ ).

El amonio en el medio acuático, existe en disolución, en dos formas:  $\text{NH}_3$  y  $\text{NH}_4^+$ . La tasa de  $\text{NH}_3/\text{NH}_4^+$ , varía con el pH. El amoníaco ( $\text{NH}_3$ ) que es la fracción más tóxica del amonio

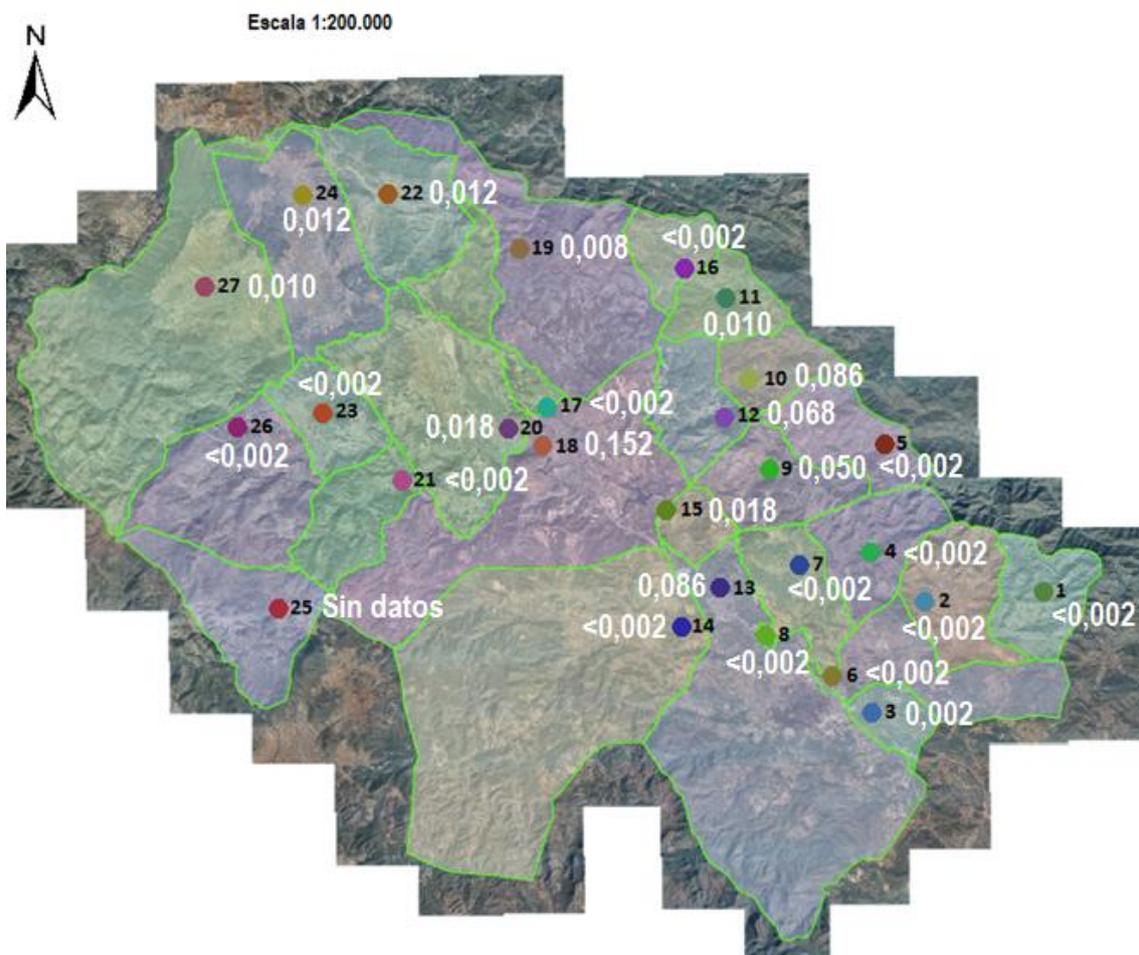


Fig. 3.5 Distribución de los valores de amonio (mg/l).

En general se puede apreciar que los resultados obtenidos en todos los análisis (Tabla 3.1,..., Tabla 3.27) han sido similares, entre valores menores de <0,002 mg/l que es el límite de

detección y 0,100, excepto una fuente que presenta un valor de 0,152mg/l, fuente 18: Las Randurías (Tabla 3.18), todos están dentro de los valores permitidos por el RD 140-2003, de 7 de febrero.

En la figura 3.5 se observan las concentraciones de amonio medidas en cada fuente, no encontrándose ninguna pauta de distribución espacial para esta variable.

**Coliformes**, Son unas bacterias que habitan en la región intestinal de los mamíferos y se usan como indicadores de la calidad de las aguas. El uso de indicadores es necesario debido a la gran variedad de bacterias patógenas que pueden encontrarse en una muestra de agua, así como la complejidad de la mayor parte de las técnicas de cultivo y aislamiento. Todo lo anterior hace inviable el control rutinario de todos aquellos microorganismos con importancia sanitaria.

Para ser microorganismos indicadores deben reunir los siguientes requisitos:

- Ser fáciles de aislar y cultivar en el laboratorio.
- Ser relativamente inocuos para el hombre y animales
- Su concentración debía ser proporcional a la cantidad de microorganismos patógenos presentes en el agua.

Este grupo de microorganismos pertenecientes a la familia de las enterobacterias se caracteriza por su capacidad de fermentación de lactosa a 35-37°C en 24-48 h.

Uno de los géneros que componen los coliformes, la *Escherichia*, tiene capacidad de fermentar en lactosa, no solo a temperaturas citadas anteriormente, sino también a 44,5°C. Se les conoce como coliformes fecales.

Todos los coliformes pueden existir como saprófitos independientes o como microorganismos intestinales, excepto el género *Escherichia* que solo puede tener origen intestinal (Martínez y Ruano, 1998).

Los valores de coliformes totales son muy variados, hay diez fuentes que no presentan coliformes: fuente 1: Del Abrevador, fuente 3: Pozuelo, fuente 10: El Mone, fuente13: De los 50 Caños, fuente 14: De la Cartuja, fuente 17: De los Nogales, fuente19: Cuenca, Fuente 20: Del Baile, fuente 23: De las Camarillas y fuente 26: De los Cloticos (Tablas 3.1, 3.3, 3.10, 3.13, 3.14, 2.17, 3.19, 3.20, 3.23, 3.26 respectivamente) y por lo tanto si cumplen el RD 140-2003, de 7 de febrero. El resto de fuentes no cumplen el RD, ya que presentan coliformes, los valores van de 1UFC a 123UFC.

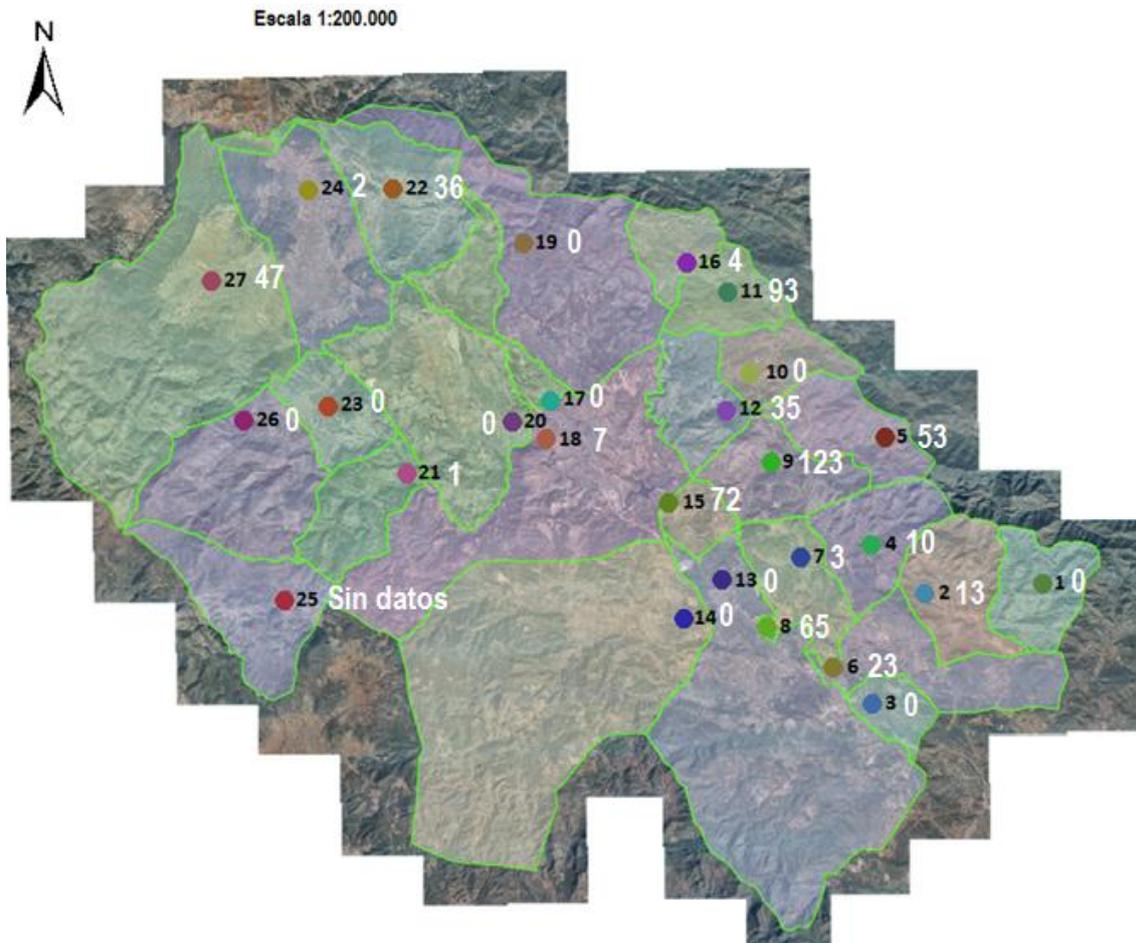


Fig. 3.6 Distribución de los valores de coliformes totales (UFC).

En la figura 3.6 se observan las concentraciones de coliformes totales medidas en cada fuente, no encontrándose ninguna pauta de distribución espacial para esta variable.

La mayoría de las fuentes no presentan coliformes fecales, por lo que cumplen el RD 140-2003, de 7 de febrero, hay tres que no cumplen con el RD ya que hay crecimiento de coliformes fecales con valores que van de 1 UFC a 18UFC. Fuente 2: Román, fuente 8: Del Santísimo Cristo de la Luz y fuente 15: Der Río (Figs. 3.2, 3.8, 3.15 respectivamente)

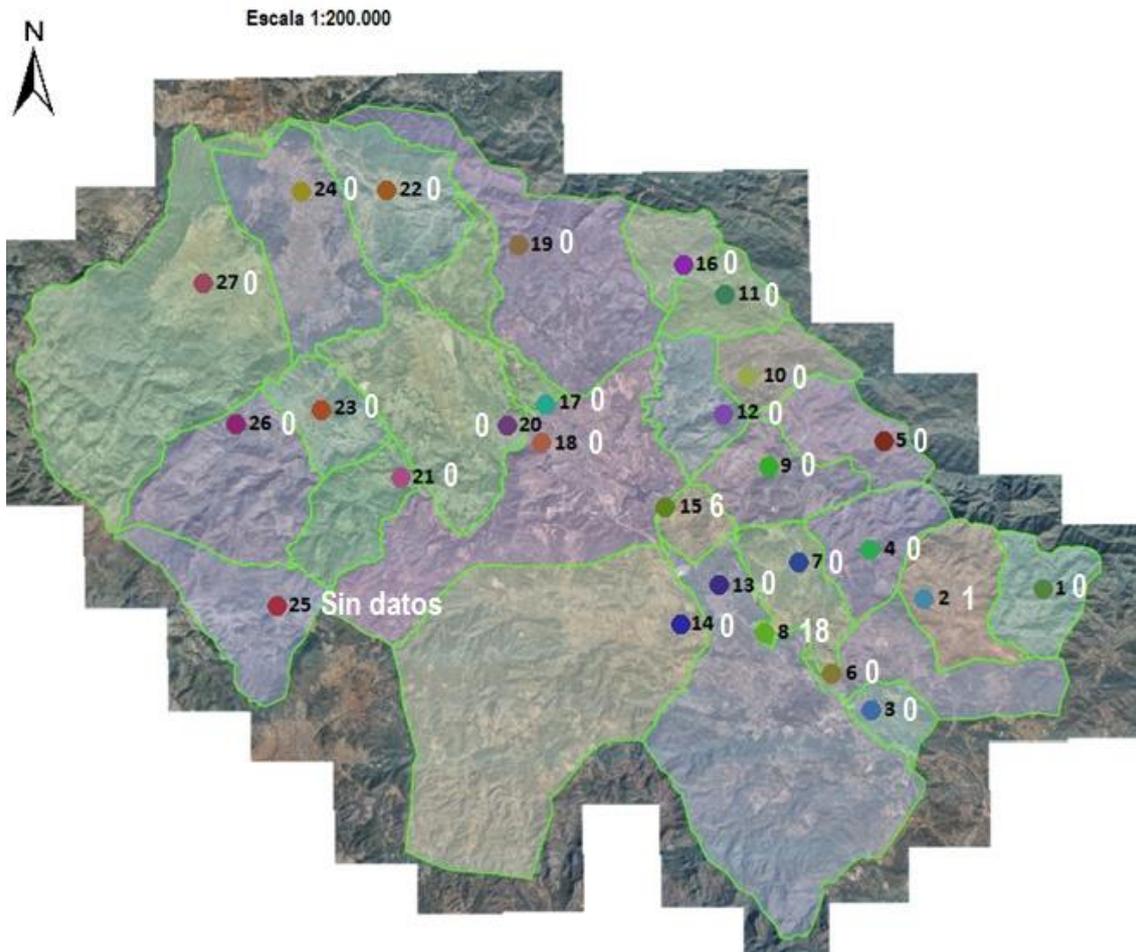


Fig. 3.7 Distribución de los valores de coliformes fecales (UFC).

En la figura 3.7 se observan las concentraciones de coliformes fecales medidas en cada fuente, no encontrándose ninguna pauta de distribución espacial para esta variable.

### 3.3. Distribución temporal de las variables analizadas.

Ahora se procede a comparar los resultados obtenidos con los proporcionados por la Consellería de Presidencia y Agricultura, Pesca, Alimentación y Agua para años anteriores (tabla 3.28).

Hay que remarcar que los datos proporcionados no son actuales, corresponden a los años 2009, 2010, 2011, ya que debido a la crisis económica no se han vuelto a realizar estos análisis.

La Consellería no analizó todas las fuentes que se analizan en este estudio. Del total de 27 fuentes analizadas por nosotros, existen 5 fuentes de las que la Consellería no dispone información. Estas fuentes son:

- 1 - Chovar, Fuente del Abrevador.
- 2 - Azuebar, Fuente Román
- 14 - Altura, Fuente de la Cartuja.
- 15 - Navajas, Fuente del Río.
- 20 - Viver, Fuente del Baile.

Las variables de olor y sabor no han sido analizadas por la Consellería.

Número de fuente	Variables analizadas	Datos 2009	Datos 2010	Datos 2011	Valor obtenido 2013
Fuente 3	pH	8,15	8,06	7,95	8,21
	Conductividad	345	350	412	396
	Amonio	ILD	ILD	ILD	0,002
	Col. Totales	0	0	3	0
	Col. Fecales	0	0	0	0
Fuente 4	pH	7,52	6,74	7,19	7,45
	Conductividad	341	314	ILD	334
	Amonio	0,00	ILD	ILD	<0,002
	Col. Totales	0	1	29	10
	Col. Fecales	0	0	0	0
Fuente 5	pH	7,94	7,99	7,41	8,07
	Conductividad	417	587	720	552
	Amonio	ILD	0,00	ILD	<0,002
	Col. Totales	63	600	24	53
	Col. Fecales	0	0	0	0
Fuente 6	pH	7,31			7,61
	Conductividad	715			1974
	Amonio	ILD			<0,002
	Col. Totales	77			23
	Col. Fecales	0			0
Fuente 7	pH	7,24	7,27	8,02	7,34
	Conductividad	832	851	825	833
	Amonio	ILD	ILD	ILD	<0,002
	Col. Totales	3	9	8	2
	Col. Fecales	0	0	0	0
Fuente 8	pH	7,15	6,86	7,17	7,55
	Conductividad	1044	1008	1118	1159

Estudio de la calidad del agua de las fuentes de agua subterránea del Alto Palancia.

Número de fuente	Variables analizadas	Datos 2009	Datos 2010	Datos 2011	Valor obtenido 2013
	Amonio	ILD	ILD	ILD	<0,002
	Col. Totales	72	38	43	65
	Col. Fecales	20	14	3	18
Fuente 9	pH	7,77	7,12		8,42
	Conductividad	393	415		439
	Amonio	ILD	ILD		0,050
	Col. Totales	3	800		123
Fuente 10	Col. Fecales	0	2		0
	pH	7,74	7,55	7,63	7,83
	Conductividad	765	789	778	779
	Amonio	ILD	ILD	0	0,086
	Col. Totales	0	2	23	0
Fuente 11	Col. Fecales	0	0	2	0
	pH	8,19	7,90	8,09	8,43
	Conductividad	347	378	462	473
	Amonio	ILD	ILD	ILD	0,010
	Col. Totales	5	200	330	93
Fuente 12	Col. Fecales	0	1	36	0
	pH		7,07		7,51
	Conductividad		1161		1177
	Amonio		0,64		0,068
	Col. Totales		130		35
Fuente 13	Col. Fecales		0		0
	pH	7,31	6,88	7,17	7,33
	Conductividad	819	813	838	926
	Amonio	ILD	ILD	ILD	0,086
	Col. Totales	0	0	33	0
Fuente 16	Col. Fecales	0	0	0	0
	pH	7,32	7,59		7,88
	Conductividad	430	431		466
	Amonio	ILD	ILD		<0,002
	Col. Totales	24	8		4
Fuente 17	Col. Fecales	0	0		0
	pH	7,41	7,36	7,23	7,53
	Conductividad	833	834	1063	942
	Amonio	ILD	ILD	ILD	<0,002
	Col. Totales	3	0	1	0

Estudio de la calidad del agua de las fuentes de agua subterránea del Alto Palancia.

Número de fuente	Variables analizadas	Datos 2009	Datos 2010	Datos 2011	Valor obtenido 2013
	Col. Fecales	0	0	0	0
Fuente 18	pH		7,10	7,22	7,49
	Conductividad		785	781	872
	Amonio		ILD	ILD	0,152
	Col. Totales		90	10	7
	Col. Fecales		0	0	0
Fuente 19	pH	7,92	7,26	7,98	8,07
	Conductividad	319	308	356	330
	Amonio	ILD	ILD	ILD	0,008
	Col. Totales	0	0	1	0
	Col. Fecales	0	0	0	0
Fuente 21	pH	7,39	7,54		7,76
	Conductividad	453	616		699
	Amonio	0	0,14		<0,002
	Col. Totales	670	4		1
	Col. Fecales	0	0		0
Fuente 22	pH	7,51	7,56	7,88	7,62
	Conductividad	497	518	623	526
	Amonio	ILD	ILD	ILD	0,012
	Col. Totales	3	57	68	36
	Col. Fecales	0	0	0	0
Fuente 23	pH	7,80	7,03		7,51
	Conductividad	508	513		548
	Amonio	ILD	ILD		<0,002
	Col. Totales	0	63		0
	Col. Fecales	0	0		0
Fuente 24	pH	7,33	7,38		7,46
	Conductividad	758	739		856
	Amonio	ILD	ILD		0,012
	Col. Totales	1	64		2
	Col. Fecales	0	0		0
Fuente 25	pH			8,16	Sin datos
	Conductividad			545	Sin datos
	Amonio			ILD	Sin datos
	Col. Totales			800	Sin datos
	Col. Fecales			66	Sin datos
Fuente 26	pH	7,99	8,04		7,98

Número de fuente	Variables analizadas	Datos 2009	Datos 2010	Datos 2011	Valor obtenido 2013
	Conductividad	260	272		291
	Amonio	ILD	ILD		<0,002
	Col. Totales	1	0		0
	Col. Fecales	0	0		0
Fuente 27	pH	7,76	7,90	8,29	7,89
	Conductividad	603	491	466	466
	Amonio	ILD	ILD	ILD	0,010
	Col. Totales	240	360	620	47
	Col. Fecales	1	0	1	0

Tabla 3.28 Evolución temporal de las variables analizadas.

Se detectaron fuentes en las que el pH, conductividad y amonio fueron comparables en los cuatro años estudiados, no se observó contaminación bacteriana en los análisis realizados en 2013, si bien sí que la hubo en años anteriores, las fuentes son: fuente 3 (Pozuelo), fuente 10 (El Mone), fuente 17 (De los Nogales), fuente 19 (Cuenca), fuente 26 (De los Clóticos), parece por tanto, que se ha subsanado este problema. No así en fuentes que siguen presentando contaminación bacteriana en la actualidad; fuente 4 (Del Cañar), fuente 5 (De la Calzada), fuente 7 (De la Mina), fuente 8 (Del Santísimo Cristo de la Luz), fuente 22 (Vieja).

Se detectaron fuentes con valores de pH y amonio comparables, pero con un ligero incremento de los valores de conductividad, la fuente 11 (Del pozo) y fuente 24 (San Pedro) presentaban además contaminación bacteriana, como en años anteriores. La fuente 13 (De los 50 Caños) y la fuente 23 (De las Camarillas), no presentaban contaminación bacteriana aunque si había en años anteriores, por lo que ya se ha solucionado el problema.

Aunque de la fuente 6 (Manantial del Minguet) solo disponemos de dos años de datos se puede apreciar que los valores de pH y amonio son comparables, no se observa ninguna pauta de distribución temporal, en el caso de la conductividad ha habido un aumento considerable y sigue habiendo presencia de contaminación bacteriana como en años anteriores, por lo que aún no se ha subsanado el problema.

En la fuente 9 (El Lentisco) los valores de conductividad y amonio son comparables, no se observa ninguna pauta de distribución temporal pero el pH ha aumentado considerablemente, también se observa contaminación microbiana, pero esta ya existía en años anteriores.

Si bien sólo se dispone de dos años de datos de la fuente 12 (La Vall), en el caso del pH se aprecia un incremento, mientras la conductividad presenta el mismo valor y el amonio muestra una disminución, se observa contaminación microbiana pero esta ya existía en años anteriores por lo que aún no se ha subsanado el problema.

En la fuente 16 (De la Maricalva) el valor del amonio es comparable, pero los valores de pH y conductividad han aumentado ligeramente con el paso del tiempo. Se observa contaminación microbiana pero esta también existía en años anteriores, aún no se ha subsanado el problema.

En la fuente 18 (Randurías) los valores de pH y conductividad y amonio han aumentado ligeramente con el paso del tiempo, antes el amonio no era detectable y ahora sí, también se observa contaminación microbiana pero se puede observar que también existía en años anteriores, aún no se ha subsanado el problema.

En la fuente 21 (El Contis) el valor del amonio es comparable, pero los valores de pH y conductividad han aumentado considerablemente con el paso del tiempo, también se observa contaminación microbiana pero se puede observar que también existía en años anteriores, aún no se ha subsanado el problema.

De la fuente 25 (De la Carrasca) no se ha podido realizar análisis por lo que no se puede apreciar la evolución de los valores proporcionados por Consellería.

En la fuente 27 (Del Jaríz) los valores de pH y amonio son comparables, no se observa ninguna pauta de distribución temporal, pero se aprecia una ligera tendencia a disminuir de la conductividad. Se observa contaminación microbiana pero se puede observar que también existía en años anteriores, aún no se ha subsanado el problema

## 4. CONCLUSIÓN.

- Por primera vez, se ha analizado la calidad de 5 fuentes que no estaban presentes en las analizadas por la Consellería de Presidencia y Agricultura, Pesca, Alimentación y Agua. Estas fuentes fueron: Fuente del Abrevador (Fuente 1), Fuente Román (Fuente 2), Fuente de la Cartuja (Fuente 14), Fuente del Río (Fuente 15), Fuente del Baile (Fuente 20). Las fuentes 1, 14 y 21 si fueron aptas para su consumo, por el contrario las fuentes 2 y 20 no fueron aptas.
- En este proyecto se proporcionan datos actualizados de las fuentes analizadas por la Consellería, ya que debido a la crisis económica, el último año en el que realizaron análisis de las fuentes fue el 2011.
- Se pudo apreciar que de las variables analizadas, el 61,54% de las fuentes de la comarca del Alto Palancia incumplieron algún parámetro del RD 140/2003. Todas las fuentes no aptas, lo fueron debido a la presencia de coliformes totales, y un 18,75% también debido a la presencia de coliformes fecales. Siendo éstas por tanto no aptas para el consumo humano. En la mayoría de las fuentes analizadas hay una placa que indica agua no potable, agua no clorada, independientemente de si han dado un resultado apto o no. Legalmente todas las fuentes de agua que no han sido tratadas deben llevar esta placa, en las que no se encontró dicha placa es debido a que ha sido arrancada. Una solución para que el agua se vuelva potable consiste en la eliminación de las bacterias, para ello se debe proceder a un proceso de desinfección, teniendo en cuenta que las sustancias utilizadas para tal fin no pueden afectar a la calidad y salubridad de la misma, deben cumplir la Orden Ministerial SCO 3719/2005, de 21 de noviembre sobre sustancias para el tratamiento del agua destinada a la producción de agua de consumo humano.
- De todas las fuentes analizadas, 4 mostraron valores de conductividad por encima de 1000  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , estando, 3 de ellas, en puntos muy próximos entre sí sugiriendo así la existencia de una zona, situada entre las poblaciones de Azuébar y Geldo, con acuíferos con altos niveles de sales disueltas. De ellas, la fuente Manantial del Minguet (6) fue la que presentó el máximo de conductividad además de mostrar un preocupante empeoramiento en su calidad a lo largo de los años, debido probablemente o a una modificación en los usos del suelo o a la aplicación de riego o focos de contaminación presentes.

- En el 37% de las fuentes analizadas no se apreció un cambio en la evolución temporal de la calidad de las aguas subterráneas, mientras que en el 44,4% ha habido una alteración y para el (18,5%) no se dispuso de datos históricos.
- Sería necesario realizar un seguimiento continuo y con una frecuencia como mínimo bianual de las fuentes, para poder determinar con más seguridad la calidad de las aguas y analizar si sufre variaciones estacionales y/o anuales.

## 5. BIBLIOGRAFÍA.

ALLAERT, C.; ESCOLÀ, M. (2002). *Métodos de análisis microbiológicos en alimentos*. Ediciones Díaz de Santos, S.A., Madrid. 1ª Edición. ISBN 84-7978-524-1.

AMYCOS. Organización no Gubernamental para la Cooperación Solidaria. *Exposiciones. Agua para la vida. Agua para el desarrollo*. Presidente: Ignacio Saiz Camarero. Burgos. [en línea] [ref. de 19 noviembre 2013]. Disponible en Web:

<http://amycos.org/exposiciones/agua-para-la-vida-agua-para-el-desarrollo/>

APHA, AWWA, and WEF. (2005). 'Standard methods for the examination of water wastewater (Including Bottom Sediments and Sludges).' 21th edn. (American Public Health Association: Washington), (American Water Works Association), (Water Environment Federation Washington). ISBN 0-87553-047-8

AYORA, M.J. (2006). *Química Analítica Ambiental. Tema 10*. Departamento de Química Física y Analítica UJA. Jaén. [en línea] [ref. de 19 noviembre 2013]. Disponible en Web:

[http://www4.ujaen.es/~mjayora/docencia\\_archivos/Quimica%20analitica%20ambiental/tema%2010.pdf](http://www4.ujaen.es/~mjayora/docencia_archivos/Quimica%20analitica%20ambiental/tema%2010.pdf)

BAUMGARTEN, M.G.; ROCHA, J.M.; NIENCHESKI, L.F. (1996). *Manual de análisis en oceanografía química*. 1ª edición. Universidad Federal de Rio Grande, Brasil, Ed. da FURG,. 132 p. 2ª edición 2010.

CLAVERO, P.L. (1977). *Los climas de la región valenciana*. Tesis Doctoral. Fac. de Geografía e Historia. Universidad de Barcelona. 548 p.

CONAMA 8. CONGRESO NACIONAL DEL MEDIO AMBIENTE. Cumbre del Desarrollo Sostenible. *GT-16 Protección de las aguas subterráneas, documento preliminar..* Madrid, 27 noviembre al 1 diciembre 2006. Presidente: Gonzalo Echagüe Méndez de Vigo. Disponible en Web:

[http://www.icog.es/portal/uploads/serviciosdoc/DOCPRELIMINARGT16\\_2.pdf](http://www.icog.es/portal/uploads/serviciosdoc/DOCPRELIMINARGT16_2.pdf)

CUSTODIO, E.; LLAMAS, M.R. (2001). *Hidrología subterránea Tomo I*. Editorial Omega, Barcelona, 2ª edición. 1194 p. ISBN: 978-84-282-0447-0

ECOLOGIAHOY. Noticias de ecología, reciclaje, medio ambiente. *Aguas subterráneas*. Fuente de información (feed) gestionada por FeedBurner. [en línea] [ref. de 19 noviembre 2013]. Disponible en Web:

<http://www.ecologiahoy.com/aguas-subterraneas>

ESPAÑA. Ministerio de la Presidencia. *Real Decreto 140/2003, de 7 de febrero, por el que se establecen los criterios sanitarios de la calidad del agua de consumo humano*. Publicado en BOE núm. 45 de 21 de Febrero de 2003, revisión vigente desde 30 de Agosto de 2012.

ESPINOZA, C. *CI51J Hidráulica de Aguas Subterráneas y su aprovechamiento*. Centro de computación Universidad de Chile. Santiago, Chile. Otoño 2004 [en línea] [ref. de 19 noviembre 2013]. Disponible en Web: <http://www.cec.uchile.cl/~ci51j/txt/Apuntes/Tema04.pdf>

ESSAP. Empresa de Servicios Sanitarios de Paraguay S.A. *Comunicados. La importancia del agua potable.30 de mayo del 2013*. [en línea] [ref. de 19 noviembre 2013]. Disponible en Web:

<http://www.essap.com.py/essap/index.php/noticias/491-la-importancia-del-agua-potable>

GLEICK, P.H. (1999). "The human right to water." *Water Policy*, Vol. 1. Nº. 5 p. 487-503.

G.V. Generalitat Valenciana. (1988). *Proposta oficial de Demarcacions Territorials Homologades (DTH)*. Publica: Consejería de Administración Pública. 104 p. [en línea] [ref. de 19 noviembre 2013]. Disponible en Web:

[http://mapas.owje.com/11610\\_comarcas-de-la-comunidad-valenciana.html](http://mapas.owje.com/11610_comarcas-de-la-comunidad-valenciana.html)

HERMOSILLA PLA, J. (2005). *Los paisajes de Regadío en el Alto Palancia. Sistemas y elementos hidráulicos*. Generalitat valenciana, Conselleria de Cultura, Educació y esport. Dirección General del Patrimonio Cultural Valenciano. ISBN 84-482-4235-1

HIDRITEC. Tecnología y Gestión de Recursos Hídricos S.L. *Documentación. ¿Cuánta agua hay?*. Oviedo [en línea] [ref. de 19 noviembre 2013]. Disponible en Web:

<http://www.hidritec.com/hidritec/cuanta-agua-hay>

LEVANTE, EMV. (2005). *Gran Enciclopedia de la Comunidad Valenciana. Tomo XVII*. Editorial Prensa Valenciana. Valencia. ISBN 84-87502-64-4 (TOMO 17) ISBN 84-87502-47-4 (obra completa).

LLAMAS, M.R. (2001). Fundación Marcelino Botín. *Aguas subterráneas: retos y oportunidades*. Editorial Mundi-Prensa. Madrid. 529 p. ISBN 84-71149-62-1; ISBN 84-9551-62-5X

LÓPEZ GETA, J.A. et al. (1988). *Las aguas subterráneas en la Comunidad Valenciana: uso, calidad y perspectivas de utilización*. Instituto Geológico y Minero de España. Madrid : IGME,. 298 p. ISBN 84-7840-00-44

MARTÍNEZ, J.; RUANO, P. (1998). *Aguas subterráneas: Captación y aprovechamiento*. Editorial Progensa. Sevilla. 404 p. ISBN 84-8650-55-0X

MORELL, I. (2007). *Lección 8. Acuíferos (I): Concepto. Acuitardos, acuífugos y acuícludos. Zonas de un acuífero. Tipos. Acuíferos libres, confinados y semiconfinados. Acuíferos multicapa. Transiciones y límite de los acuíferos.* Grupo de Gestión de Recursos Hídricos. Instituto Universitario de Plaguicidas y Aguas (IUPA) Universidad Jaume I, Castellón. Departamento de Ciencias Agrarias y del Medio Natural. Curso 2007-2008. [en línea] [ref. de 19 noviembre 2013]. Disponible en Web:

<http://www.agua.uji.es/pdf/leccionRH08.pdf>

OMS. Organización Mundial de la Salud. (1985). *Guías para la calidad del agua potable. Vol I.* Editorial Organización Panamericana de la Salud, Washington. D.C. [en línea] [ref. de 19 noviembre 2013]. Disponible en Web:

[http://www.who.int/water\\_sanitation\\_health/dwg/gdwg3sp.pdf](http://www.who.int/water_sanitation_health/dwg/gdwg3sp.pdf)

OMS. Organización Mundial de la Salud. (1988). *Guías para la calidad del agua potable. Vol 3. Control de la calidad del agua potable en sistemas de abastecimiento para pequeñas comunidades.* Editorial Organización Panamericana de la Salud, Washington. D.C. ISBN 92-75 31-50-8 6. [en línea] [ref. de 19 noviembre 2013]. Disponible en Web:

<http://books.google.es/books?id=X9QgncMbnsYC&printsec=frontcover&dq=AGUA+POTABLE&hl=es&sa=X&ei=7D6TUrS2NanD7Aat9YCADA&ved=0CEsQ6AEwAg#v=onepage&q=AGUA%20POTABLE&f=false>

OMS. (1976). *Surveillance of Drinking Water Quality.* World Health Organization. Regional Office for Europe. Monograph Series No 63. WHO, Geneva.

PALAU, M. ; GUEVARA, E. (2011). SINAC. *Sistema de Información Nacional de Agua de Consumo, Información de Abastecimiento e Informes Técnicos años 2002 al 2011.* Edita: Ministerio de Sanidad, Servicios Sociales e Igualdad. Centro de Publicaciones, Madrid. [en línea] [ref. de 19 noviembre 2013]. Disponible en Web: <http://sinac.msps.es>

PÉREZ CUEVA, A.J. (1994a). *Els climes de les valls del Túria i del Palància*. En: A.J. Pérez Cueva (coord.). Atlas climàtic de la Comunitat Valenciana (1961-1990). València, Generalitat Valenciana, COPUT. 136-137 p.

PÉREZ CUEVA, A.J. (Coord.). (1994b). *Atlas climàtic de la Comunitat Valenciana (1961-1990)*. València, Generalitat Valenciana. COPUT. 205 p.

STRUCKMEIR, W.; RUBIN, Y.; JONES, J.A. (2007). *Agua Subterráneas, ¿la solución para un planeta sediento?*. Folleto divulgativo. Ted Nield. Fundación Ciencias de la Tierra para la Sociedad, Leiden, Países Bajos. 2005. 16 p. Versión en español Instituto Geológico y Minero de España. Disponible en Web:

[http://aiplanetatierra.igme.es/pdf\\_proCien/es/Aguas%20subterr%C3%A1neas-AIPT.pdf](http://aiplanetatierra.igme.es/pdf_proCien/es/Aguas%20subterr%C3%A1neas-AIPT.pdf)

UNICEF. *El agua potable. El saneamiento y el ambiente sano: un derecho humano*. Bogotá, Colombia. Director Ejecutivo: Anthony Lake. [en línea] [ref. de 19 noviembre 2013]. Disponible en Web: <http://www.unicef.com.co/situacion-de-la-infancia/el-agua-potable/>