



CONAMA10
CONGRESO NACIONAL
DEL MEDIO AMBIENTE

COMUNICACIÓN TÉCNICA

Estudio de la calidad de las aguas superficiales y subterráneas a su paso por Soto Viñuelas

Autor: Laura Bueno Casín

Institución: Universidad Autónoma de Madrid

e-mail: laura_bueno_casin@hotmail.com

Otros Autores: Bárbara Fernández Pacheco (Universidad Autónoma de Madrid);
Laura Manero Brun (Universidad Autónoma de Madrid); Irene María Rodríguez
Morón (Universidad Autónoma de Madrid)

RESUMEN

El objetivo de este trabajo es conocer la calidad de las aguas, tanto a nivel superficial como subterráneo, de la zona de Soto Viñuelas, mediante una serie de pruebas analíticas (en campo y laboratorio) de los distintos parámetros físico-químicos que caracterizan el medio acuático. De esta forma, se espera conocer si las características de estas aguas son compatibles con distintos usos tales como: abastecimiento, riego o uso ganadero entre otros. Para ello se utilizarán los parámetros establecidos en la legislación vigente. A la vista de los resultados se concluye que la calidad de las aguas subterráneas (tomadas de pozos o manantiales) es, en general, adecuada, de forma que pueden ser utilizadas para todos los usos estudiados. Sin embargo, las aguas superficiales cuentan con una calidad bastante inferior, por lo que el abastecimiento con esta agua ha de ser restringido. Esta mala calidad es debida a los distintos focos de contaminación que afectan a la zona de estudio, principalmente la depuradora de Tres Cantos ya que sus vertidos perjudican seriamente la salud del río. Además hay que tener en cuenta que esta zona se encuentra dentro de los límites del Parque Regional de la Cuenca Alta del Manzanares por lo que debería estar especialmente protegido.

Palabras Clave: Calidad de aguas; Soto Viñuelas; focos de contaminación

OBJETIVOS

Los objetivos fundamentales de este trabajo son:

- Conocer el estado de calidad de las aguas del arroyo del Bodonal y ver cómo los distintos focos de contaminación influyen sobre él.
- Conocer la evolución temporal de las aguas del arroyo, comparando nuestros datos con los de años anteriores.
- Conocer la evolución espacial de las aguas del arroyo, observando las posibles diferencias entre los diferentes puntos de muestreo: agua del arroyo, aguas subterráneas.

METODOLOGÍA

- En primer lugar, se definió el ámbito de estudio (Finca Soto Viñuelas).
- A continuación, se realizó una visita a la zona con el fin de muestrear en varios puntos del arroyo del Bodonal para, posteriormente, poder comparar los diferentes resultados. Se tomaron medidas “in situ” de temperatura, conductividad eléctrica, oxígeno disuelto (tanto en porcentaje como en mg/L), potencial redox y pH. También se tomó una muestra en cada punto, para analizar la microbiología de la zona a través de los laminocultivos.
- En el laboratorio se realizaron las mediciones “ex situ” que no pudieron llevarse a cabo en el campo como son: la dureza, la alcalinidad, la turbidez, fosfatos, amonios, nitritos, nitratos, sulfatos, cloruros, calcio, sodio, potasio, DQO y DBO₅.
- Una vez obtenido los datos de todos los parámetros objeto de estudio, se realizaron los diferentes cálculos y gráficos.
- Se recopiló toda la información posible de la zona, visitando bibliotecas y consultando en internet.
- Por último, con todo el material del que se disponía, se realizó un informe cuyo objetivo primordial era conocer la calidad de las aguas y ver en qué medida se encuentran afectadas por los diferentes focos de contaminación.

DESCRIPCIÓN DE LA ZONA

Situación

La zona estudiada se encuentra en el centro geográfico de la Comunidad de Madrid a unos 20 kilómetros al Norte de la capital. La finca en la que se tomaron las muestras está a pie de la Sierra de Guadarrama, en el centro de la rampa que desciende hacia el río Tajo. Esta área engloba parte del Monte del Pardo y pertenece a la Cuenca Alta del Manzanares por lo que está sometido a figuras de protección por pertenecer al Parque Regional de la Cuenca Alta del Manzanares. Tiene una superficie de 3500 ha situada en el monte de Viñuelas, concretamente, en el arroyo del Bodonal, que en esta zona se le cambia el nombre y se llama arroyo de Viñuelas que desemboca en el río Jarama. Está limitada al norte por el municipio de Tres Cantos, al Sur por Valdelamasa, al este por el monte del Pardo y la carretera C-607, al nordeste por Ciudadalcampo y al sudeste por Fuente del Fresno.

En cuanto a su uso, se trata de un monte privado que es de una sociedad anónima que se encarga de gestionar la explotación agraria y alquilar los salones del Castillo de Viñuelas situado en la finca.

Hidrología

Aguas superficiales

A través de Soto de Viñuelas discurre un pequeño afluente del río Jarama, el arroyo de Viñuelas (también conocido como arroyo del Bodonal). A pesar de su fuerte estiaje, presenta flujo de agua en todos los meses del año, siguiendo la dirección norte-sureste en su recorrido. Otro arroyo importante en la zona es el de Valdelamasa, que tributa en el arroyo del Bodonal.

Aguas subterráneas

o Marco hidrogeológico regional:

Hidrogeológicamente, las aguas subterráneas pertenecen al sistema acuífero nº 14: Terciario detrítico Madrid-Toledo-Cáceres, probablemente el más complejo de todos los incluidos en la cuenca hidrográfica del Tajo. Su extensión es de 6000 km² (2590km² en Madrid) y lo componen dos formaciones hidrogeológicas diferentes.

o Marco hidrogeológico local:

Soto de Viñuelas se sitúa sobre la Unidad Detrítica, diferenciando según su permeabilidad en:

- D1: arcosas y arcillas.
- D2: facies arcósicas con menor proporción de elementos finos.

Los depósitos cuaternarios están poco presentes en la zona de estudio, situándose únicamente en las zonas por donde discurren los arroyos.

FOCOS POTENCIALES DE CONTAMINACIÓN

Identificación de focos

Como se vio en la salida de campo, dentro del Soto de Viñuelas no se dan grandes focos de contaminación, y hay que tener en cuenta que esta finca se encuentra dentro de los límites del Parque Regional de la Cuenca Alta del Manzanares, por lo que las actividades están controladas por la Consejería de Medio Ambiente y desarrollo Local.

Es fuera de nuestra área de estudio donde se encuentran importantes focos de contaminación, ya que el entorno de esta área no se encuentra dentro del Parque Regional y, por lo tanto, no está protegido.

Los principales focos de contaminación son:

- Las estaciones depuradoras de aguas residuales (EDAR) de Tres Cantos y de la urbanización Soto de Viñuelas, donde, como se verá más adelante, no se están depurando las aguas de forma eficiente. Estas depuradoras vierten sus aguas una vez tratadas al arroyo del Fresno, el cual más adelante, unirá, sus aguas al arroyo de Viñuelas. En estudios previos (S.Castejón, 1998), se ha visto un aumento de la concentración de metales pesados después de realizarse vertidos en estas instalaciones.
- Las estaciones potabilizadoras (ETAP) de Tres Cantos y el Bodonal, que abastecen de agua potable a Madrid y se encuentran en la periferia de la urbanización Soto Viñuelas. Estas estaciones vierten los lodos que se crean durante el tratamiento y las aguas de lavado de los filtros al arroyo del Fresno.
- La antera de extracción de áridos que se encuentra al noroeste del Soto de Viñuelas y vierte sus aguas de lavado al arroyo del Fresno, suponiendo otro importante foco de contaminación, ya que las aguas subterráneas quedan expuestas a contaminaciones provocadas por los lixiviados procedentes de los materiales abandonados o almacenados. También se modifica la red de drenaje natural, y el mayor impacto que se produce es la contaminación producida por los afluentes del proceso de lavado de las arenas que aumentan la turbidez.

Actividades contaminantes

- Actividad ganadera: como se pudo observar en la salida de campo, se trata de en una zona principalmente ganadera. Esta actividad supone vertidos de los propios animales y además, al estar el ganado libre, los vertidos se encuentran dispersos por toda la zona y no concentrados en un solo foco.

- Agricultura: esta actividad es casi inexistente dentro de la zona de estudio, encontrándose únicamente ciertos cultivos de cereal por lo que no supone riesgo de contaminación.

MUESTREO Y ANALÍTICA

Muestreo

Durante la salida de campo, realizada el día 22 de Octubre de 2009, se tomaron muestras de agua en 10 puntos diferentes, todos ellos dentro de la finca Soto de Viñuelas. A continuación se expone una breve descripción de cada uno de los puntos de muestro objeto de estudio (**Figura 1**).

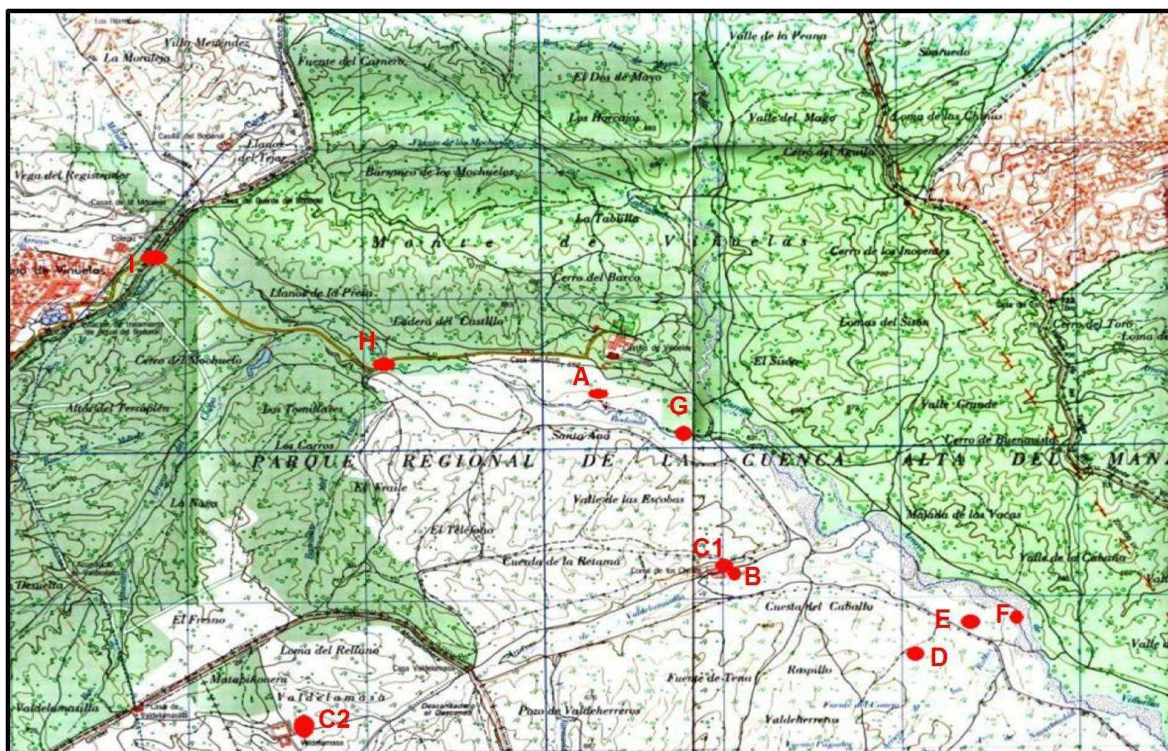


Figura 1: Mapa de muestra.

- Muestra A: se trata de un depósito de agua que se utiliza para abastecer al Castillo Viñuelas, y para regar los jardines del mismo. Este punto, al encontrarse en línea recta con la edificación supone un ahorro en canalizaciones.
- Muestra B: se trata de un manantial, con caudal de agua constante a lo largo del año, cuya explotación está dirigida al mantenimiento del ganado vacuno. En los alrededores del punto aparecen juncos, lo que indica surgencia de agua.
- Muestra C1: se trata del agua del abrevadero que procede del agua del manantial del punto anterior.

- Muestra C2: es un pozo que se encuentra, aproximadamente, a 12 metros de profundidad y cuenta con buena permeabilidad, cuyo uso es para abastecimiento de ganado y uso doméstico para cinco familias.
- Muestra D: el punto de muestreo coincide con la fuente El Tejar.
- Muestra E: es el agua procedente del manantial El Raspillo, en el que el caudal de agua permanece constante.
- Muestra F: coincide con el último punto del Arroyo Viñuelas.
- Muestra G: la muestra se toma en el Arroyo a su paso por el Puente Hundido. Existe ganado en los alrededores y aparecen juncos en la ribera del río. Cabe destacar en este punto, la formación de espumas en el agua.
- Muestra H: toma de aguas en el Arroyo a su paso por el Puente Madrid.
- Muestra I: tramo del Arroyo una vez pasada la Potabilizadora El Bodonal. Se observa suciedad a los alrededores del río debido a las crecidas.

Parámetros medidos

Los parámetros que se han medido para realizar el análisis de aguas de esta zona son:

- | | | |
|--|---|---------------------------|
| <ul style="list-style-type: none">- pH- Conductividad eléctrica- Temperatura- Eh- Oxígeno disuelto | } | Medidos en el campo |
| <ul style="list-style-type: none">- Amonio- Fosfatos- Nitritos- Nitratos- Alcalinidad/Bicarbonatos- Dureza total- Turbidez- DQO- DBO- Sulfatos- Sodio y potasio- Calcio- Cloruros- Enterobacterias; Salmonella y Coliformes | } | Medidos en el laboratorio |

DISCUSIONES DE LOS RESULTADOS

Características de las aguas

Diagramas hidroquímicos

- Diagrama de Schoeller- Berkaloff: es un diagrama hidroquímico que representa el valor en miliequivalentes por litro (meq/l) de distintos aniones, cationes o una suma de ellos, utilizando una escala logarítmica y uniendo los puntos (**Figura 2**).

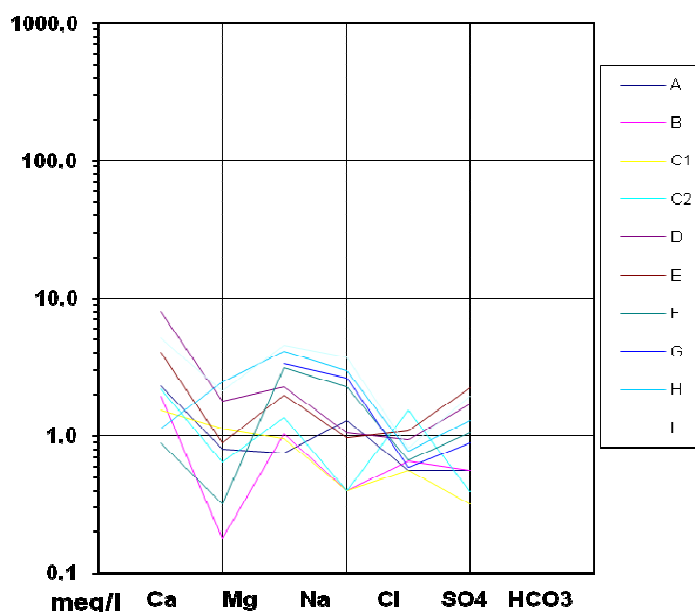


Figura 2: Diagrama de Schoeller-Berkaloff

- Diagrama de Piper: define la composición mayoritaria del agua. Incluye dos triángulos en los que se representan los cationes: calcio, magnesio y sodio, y lo aniones: bicarbonato, sulfato y cloruro. La forma romboidal es el resultado de la combinación cationes-aniones (**Figura 3**).

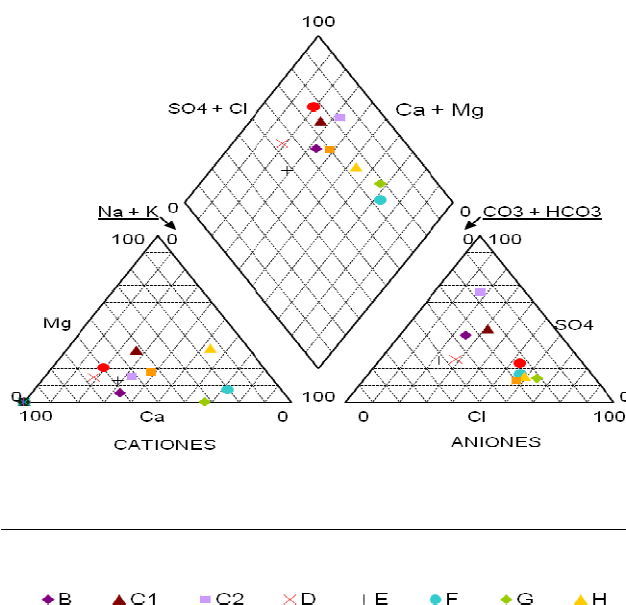


Figura 3: Diagrama de Piper

- Diagrama de Collins: representa la concentración de aniones (a la derecha) y cationes (a la izquierda) en dos columnas. La concentración se expresa en miliequivalentes por litro (meq/l), la altura de ambas columnas es teóricamente igual aunque en la práctica puede haber diferencias debido a sesgos analíticos (**Figura 4**).

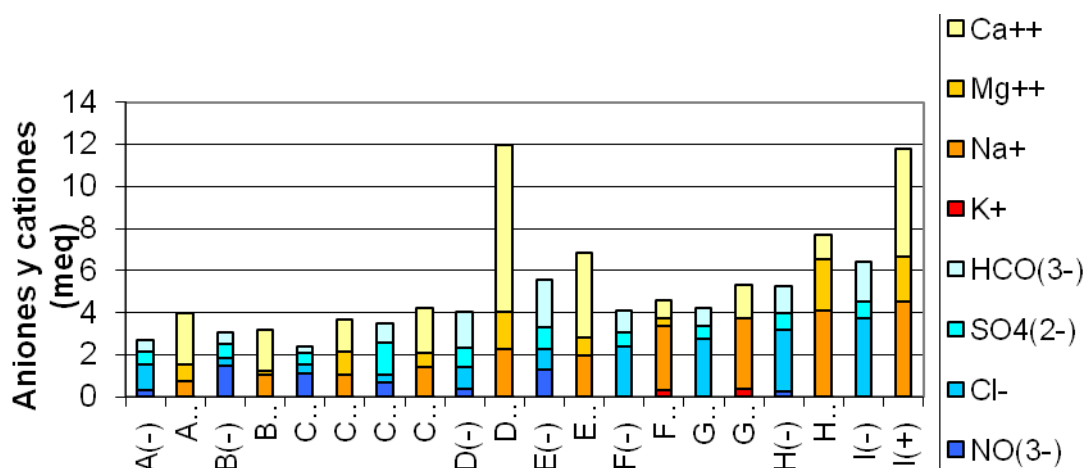


Figura 4: Diagrama de Collins

Todos ellos expresan la composición de las aguas de diferentes maneras, pero los resultados obtenidos son los mismos:

Aguas superficiales

- Muestra C: se tratan de aguas sulfato-cálcicas.
- Muestra F,G,H: se tratan de aguas cloruradas-sódicas.
- Muestra I: se tratan de aguas cloruradas-sódicas y cálcicas.

Aguas subterráneas

- Muestra A: se tratan de aguas cloruradas-cálcicas.
- Muestra B: se tratan de aguas sulfato-magnésicas.
- Muestra C2: se tratan de aguas sulfato-cálcicas-sódicas.
- Muestra D, E: se tratan de aguas bicarbonatadas-cálcicas.

Representaciones

Según la gráfica existe una relación entre la concentración de fosfatos y la de nitratos, esto puede ser por la práctica de agricultura en las zonas donde aumenta. Cuando

aumenta el nitrito, el nitrato decae, probablemente porque está siendo reducido ya que también coincide con el aumento de amonio (**Figura 5**).

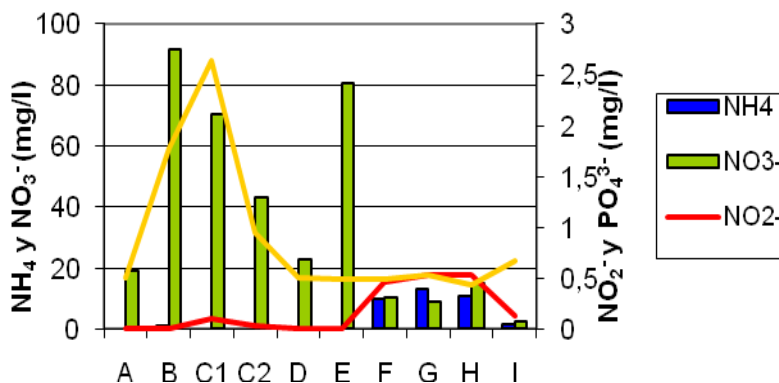


Figura 5: Compuestos nitrogenados y fosfatados

El límite de DBO_5 es 25 mg/l de O_2 (RD 509/1996), se ve que no ha sido superada en ningún caso.

El límite de DQO es de 125 mg/l de O_2 (RD 509/1996), se ve que tampoco ha sido superado (**Figura 6**).

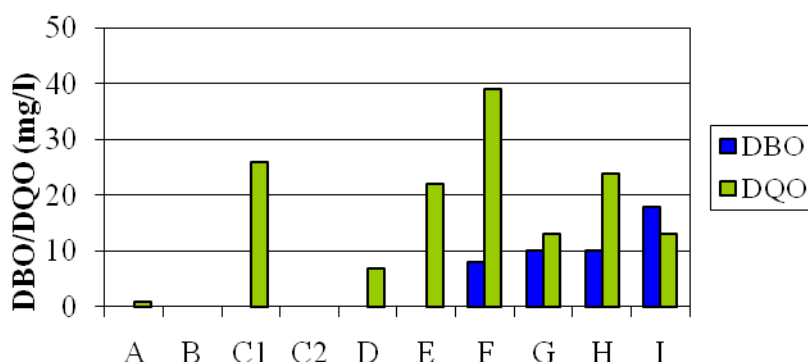


Figura 6: DBO/DQO

La turbidez aumenta claramente a partir de la muestra F que corresponden a muestras tomadas en el Arroyo de Viñuelas, implica un mal estado de calidad (**Figura 7**).

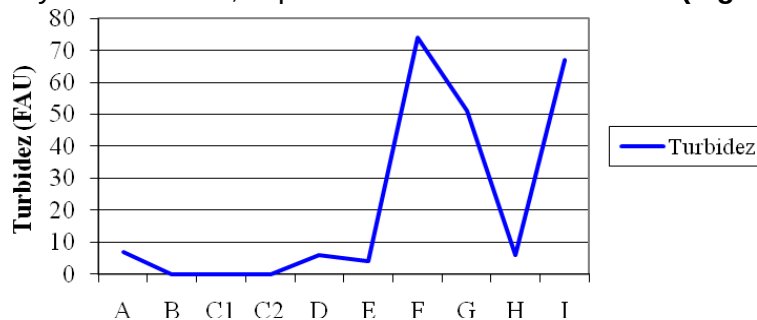


Figura 7: Turbidez

El límite del fósforo total es de 2 mg/l (10.000-100.000 h.eq) y de 1 mg/l (>10.000 h.eq) y no es superado en ningún momento (RD 509/96) y en el caso del nitrógeno total, según el RD509/96, es de 15 mg/l (10.000-100.000 h.eq) y de 10 mg/l (>10.000 h.eq) y sí que es superado en casi todos los casos excepto en la muestra I (**Figura 8**).

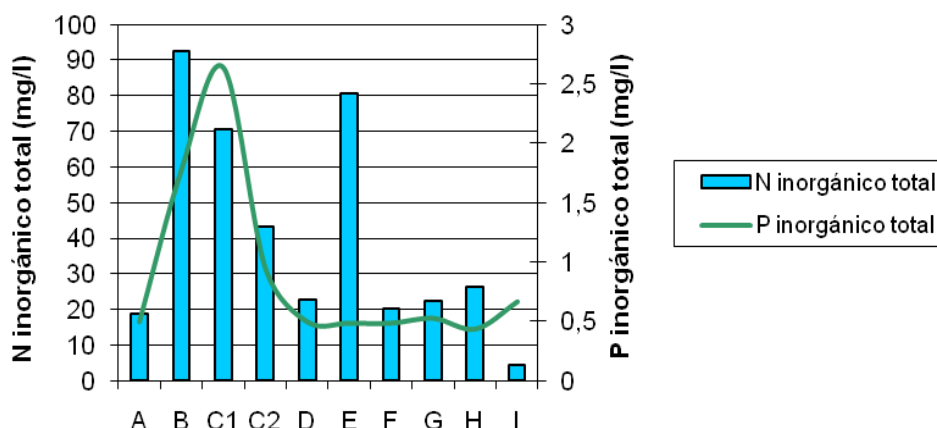


Figura 8: Nutrientes

Analizando el gráfico vemos que tanto la temperatura como el pH se mantienen sin variaciones significativas a lo largo de todo el muestreo, mientras que se observan grandes variaciones de los valores de conductividad eléctrica, siendo la más destacable el aumento de más de 250 $\mu\text{S}/\text{cm}$ entre la muestra C2 y la muestra D. Esto demuestra un mayor contenido en sales en las últimas muestras que en las primeras (**Figura 9**).

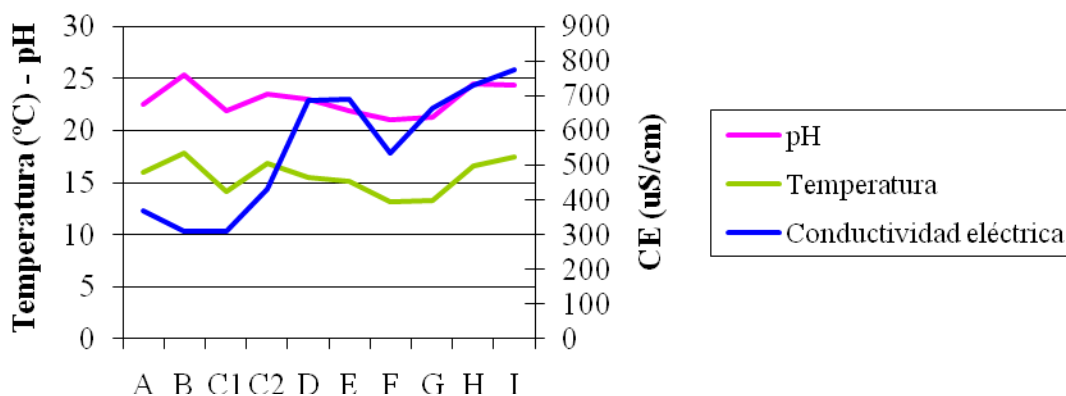


Figura 9: Parámetros físico-químicos

Evolución de las aguas

Comparación con las muestras del año 1998

Se comparan muestras tanto de las aguas superficiales como de las subterráneas (Castejón Fernández de Gamboa, S. 1998) **(Tabla 1)**.

La conductividad eléctrica se ha mantenido constante en las muestras tomadas en aguas superficiales mientras que en las muestras tomadas en aguas subterráneas existe un gran aumento. Esto puede deberse a la disolución de los minerales, que provoca su mayor concentración en las aguas.

El pH se ha mantenido más o menos constante (6,5-7,5) situándose en el rango de la neutralidad. En este intervalo, las aguas presentan bicarbonatos, que se han mantenido estables en estos años.

El aumento de la DQO y de la DBO₅ puede deberse a vertidos de aguas domésticas, que poseen una elevada concentración de componentes inorgánicos, y a los restos agrícolas y ganaderos del lugar. El aumento de estos parámetros implica un aumento de los compuestos degradables en las aguas, provocando así una disminución del oxígeno disuelto.

El aumento tanto de los compuestos nitrogenados (nitratos, nitritos y amonio) como de los fosfatados procede de los restos agrícolas y ganaderos y del uso de fertilizantes. Si se alcanzan altas concentraciones de estos iones, pueden generarse un estancamiento de las aguas y con ello la eutrofización de las mismas. Esto ocasionaría una disminución del oxígeno disuelto lo que supondría una afección negativa para los organismos acuáticos.

La dureza del agua también se ha incrementado. Esto se debe al aumento tanto del magnesio como del calcio que son los iones que condicionan la dureza.

El aumento de sulfatos se debe a la putrefacción de la materia orgánica en principio, pero valores muy altos de este compuesto indican, una contaminación por vertido de aguas residuales.

Existe un aumento de sodio y una disminución de potasio. Puede deberse a la capacidad de intercambio catiónico de las arcillas que forman parte del suelo.

Comparación con las muestras del año 2007

En este caso, sólo se compararán las muestras tomadas de aguas superficiales (F, G, H, I) puesto que no se dispone de datos de las aguas subterráneas (Arenas Miranda, R.) **(Tabla 1)**.

La conductividad eléctrica en 2007 rondaba alrededor de 900 $\mu\text{S}/\text{cm}$ y actualmente oscila entre 600 y 700 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Este descenso puede deberse a la disminución de la cantidad de sales que han experimentado las aguas.

El pH continúa neutro, manteniéndose constante con el paso de los años, manteniéndose de nuevo la presencia de bicarbonatos, que aparecen en este rango de pH.

	A		B		C'		D		E		F		G		H		I	
	1998	2009	1998	2009	1998	2009	1998	2009	1998	2009	1998	2009	1998	2009	1998	2009	1998	2009
pH	6.64	6.50	6.51	7.45	6.65	6.64	7.22	7.51	6.56	6.76	7.51	7.85	7.83	7.93	7.35	7.72	7.47	7.61
T °C	19.3	16	18.2	17.92	20.6	16.85	18	15.4	17.8	15.02	25.2	15.6	16	13.4	21.1	16.7	15.6	19.8
Ox. dis mg/l	7.4	4.3	7.0	5.51	5.85	3.49	8.7	6.24	6.05	4.78	7.7			6.29	7.63		5.9	5.7
CE uS/cm	313	368	328	311	426	432	675	685	630	692	294	875	908	664	285	922	242	931
NO ₃ ⁻ ppm	11	18.92	60.3	91.52	33.4	43.12	62.0	22.9	56.6	80.52	13.2	14.5	11.4	8.8	15.4	10.6	6.02	13.64
NO ₂ ⁻ ppm	0.01	0	0.06	0	0	0.02	0.33	0.005	0.03	0	0.8	1.22	1.02	0.53	1.09	1.29	1.03	1.29
NH ₄ ⁺ ppm	0	0	0	1.03	0	0	0	0	0	0	0.3	14.5	19.7	12.96	0.81	19.03	0.96	19.67
PO ₄ ³⁻ ppm	0.97	0.5	3.33	1.78	0.96	0.95	0.68	0.5	0.66	0.49	1.07	4.15	4.45	0.53	1.37	6.55	1.25	5.28
DQO ppm	17	1	14	0	18	0	13	7	20	22	61	38	15	13	146	71	64	139
DBO ppm	-	-	-	0	-	-	-	-	-	-	2	-	10	10	-	-	-	-
Dureza ppm	120	160	100	104	140	140	216	180	220	244	64	160	80	80	60	84	50	160
Cl ⁻	49.7	45.44	42.6	14.2	35.5	14.2	61.5	36.92	59.2	34.08	56.8	114	93.7	93.72	49.7	88	40.2	114
HCO ₃ ⁻	85	34.16	38	34.16	100	53.68	135	102.5	138	136.1	55	43.9	48.8	53.68	45	68.3	45	43.9
SO ₄ ²⁻	27	27	29	31	44	73	54	45	40	52	44	100	120	28	42	110	35	100
Ca ²⁺	32	41.6	30	38.4	40	43.2	60	158.4	69	80	17	48	22.4	32	15	24.4	13	48
Mg ²⁺	8.01	9.72	5.41	2.14	7.33	7.74	12.1	21.6	13.2	10.65	3.17	9.6	5.76	0	2.99	6.72	2.68	9.6
Na ⁺	16.1	17.23	23.7	23.83	30.6	31.05	25.9	51.75	26.9	45.02	47.8	73.6	69	76.15	30.7	74.7	30.5	73.6
K ⁺	3.67	0.78	4.24	1.2	3.26	3.52	1.39	0.79	4.46	0.78	6.43	17.5	26.6	15.96	5.12	19.32	4.26	17.5

Tabla 1: Evolución de las aguas. Años 1999,2007 y 2009

Mientras que la DBO₅ mantiene los mismos valores que en años anteriores, la DQO ha disminuido notablemente debido, posiblemente, a una disminución de compuestos orgánicos en las aguas.

Tanto los compuestos nitrogenados (nitratos, nitritos y amonio) como los fosfatados han evolucionado con el paso de los años disminuyendo su concentración en gran medida. Aun habiendo reducido sus niveles, el amonio aparece en altas concentraciones para tratarse de aguas superficiales con lo que podemos sospechar que estas aguas están contaminadas.

Existe un incremento de la dureza en las muestras H e I. Esto se debe al aumento del calcio y del magnesio. Cabe destacar el gran cambio que experimenta la muestra I. En 2007 presentaba una concentración de 48 mg/l y en 2009 ésta se incrementó a 102.4 mg/l. Hay que decir que el error analítico del presente año es de 58.55% frente al 12 % del 2007 por lo que este dato, al ser calculado mediante valoraciones, puede ser erróneo debido a un fallo humano.

Los sulfatos han disminuido considerablemente posiblemente por una menor concentración de compuestos inorgánicos en la zona.

Existe un incremento, en todas las muestras, de sodio y una disminución de potasio. Esto puede deberse al intercambio catiónico de las arcillas.

Con los datos obtenidos de los diferentes parámetros podemos sospechar que el terreno por donde discurren las aguas ha pasado de ser un espacio en el que desarrollaban actividades agrícolas intensas a disminuir la capacidad de su uso. También puede deberse a que los días previos de la toma de muestras (en 2009) había llovido y podría existir una dilución de las aguas.

Clasificación de las aguas según sus usos.

Calidad de aguas para abastecimiento

Calidad de aguas para el consumo humano

La calidad de las aguas para abastecimiento se regula mediante el Real Decreto 140/2003, de 7 de febrero, por el que se establecen los criterios sanitarios de la calidad del agua de consumo humano.

En el Anexo I se detallan los parámetros por los que se clasifica la calidad del agua para este uso. En este estudio sólo se tratarán aquellos que hayan sido analizados

- Parámetros microbiológicos:

Parámetro	Valor paramétrico
Escherichia coli	0 UFC en 100 ml
Enterococo	0 UFC en 100 ml
Clostridium perfringens (incluidas las esporas)	0 UFC en 100 ml

- Parámetros químicos:

Parámetro	Valor paramétrico
Nitrato	50 mg/l
Nitritos:	
Red de distribución	0,5 mg/l
En la salida de la ETAP/depósito	0,1 mg/l

- Parámetros indicadores:

Parámetro	Valor paramétrico
Bacterias coliformes	0 UFC En 100 ml
Recuento de colonias a 22 °C	
A la salida de ETAP	100 UFC En 1 ml
En red de distribución	Sin cambios anómalos
Amonio	0,50 mg/l
Cloruro	250 mg/l
Conductividad	2.500 $\mu\text{S}/\text{cm}^{-1}$ a 20°C
Oxidabilidad	5,0 mg O_2/l
pH:	
Valor paramétrico mínimo	6,5 Unidades de pH
Valor paramétrico máximo	9,5 Unidades de pH
Sodio	200 mg/l
Sulfato	250 mg/l
Turbidez:	
A la salida de ETAP y/o depósito	1 UNF
En red de distribución	5 UNF

Muestras

- Muestra A: todos los parámetros se encuentran dentro de los límites legales.

- Muestra B: los valores de nitrato (91.52 ppm), amonio (1.03 ppm) y oxígeno en disolución (5.5 mg/l) son demasiado altos. El agua de esta muestra no debería ser utilizada para abastecimiento. El resto de parámetros se ajustan a lo exigido por ley.

- Muestra C1: al igual que en la muestra anterior, tanto el nitrato (70.4 ppm) y el oxígeno disuelto (6.96 ppm) son excesivamente altos por lo que su uso para abastecimiento debe ser restringido.

- Muestra C2: el agua de este pozo es perfecto para el abastecimiento. Todos los parámetros estudiados se ajustan a los requerimientos dispuestos en la ley.

- Muestra D: los datos obtenidos de oxígeno en disolución (6.24 mg/l) y turbidez (6 FAU) superan los niveles legales. El resto de parámetros se encuentran dentro de los límites exigidos.
- Muestra E: el nitrato (80.52) es demasiado alto, así como la turbidez (4 FAU) por lo que esta muestra no se debería utilizar como abastecimiento.
- Muestra F: la turbidez en este punto supera en gran medida el límite legal. El nitrito y el amonio también son demasiado altos. Además la microbiología existente en el agua es excesiva. Por tanto, el agua de esta muestra no debe ser utilizada para consumo humano.
- Muestra G: en este caso el nitrito (0.53 mg/l), amonio (12.96 mg/l), oxígeno disuelto (6.29 mg/l), turbidez (51 FAU), así como el número de colonias formadoras sobrepasan los rangos legales por lo que se debe evitar su uso con esta finalidad.
- Muestra H: al igual que en el punto anterior, el nitrito (0.53 ppm), amonio (10.84 ppm), oxígeno en disolución (5.54 mg/l), turbidez (6 FAU) y número de colonias formadoras superan los límites establecidos por ley, por lo que, de igual modo, debe ser restringido su uso como abastecimiento.
- Muestra I: el amonio (1.74 ppm), el oxígeno disuelto (5.7 ppm) y la turbidez (67 FAU) tienen valores demasiado altos para ser utilizados con este objetivo. En cuanto a la microbiología aparecen menos de 50 colonias formadoras, ya que esta muestra fue tomada a la salida de una potabilizadora, se encuentra dentro de los límites.

Calidad de agua para ganado

Para clasificar las aguas para ganado se utiliza la salinidad en dS/m (**Tabla 2**):

Conductividad del agua (dS/m)	Clase
< 1,5	Excelente.
1,5 - 5	Muy satisfactoria.
5 - 8	Satisfactoria para el ganado. No apta para aves.
8 - 11	De uso limitado para el ganado. No apta para aves.
11 - 16	De uso muy limitado.
> 16	No recomendable.

Tabla 2: Clasificación de las aguas para el ganado según la salinidad (Lloyd, J y Hathcote, J.A 1985)

Todas las muestras realizadas en el estudio tienen un rango de salinidad excelente para el ganado. Se trata de un agua apta para todas las clases de ganado y aves de corral.

Calidad de aguas para agricultura (riego)

El criterio utilizado para clasificar las aguas para el riego de los cultivos es la conductividad eléctrica y la razón de sodio adsorbido (RAS), así se conoce el riesgo de salinidad y de sodicidad que supondría esa muestra de agua para los cultivos (**Tabla 3**).

Tipo	Riesgo de salinidad	Conductividad	Tipo	Riesgo de sodicidad	RAS
C1	Baja	100-250 $\mu\text{S}/\text{cm}$	S1	Bajo	0-10
C2	Media	250-750 $\mu\text{S}/\text{cm}$	S2	Medio	10-18
C3	Alta	750-2250 $\mu\text{S}/\text{cm}$	S3	Alto	18-26
C4	Muy alta	>2250 $\mu\text{S}/\text{cm}$	S4	Muy Alto	26-100

Tabla 3: Valores para la clasificación de aguas de riego. Custodio y Llamas (1983)
Para realizar esta clasificación se utiliza también el diagrama de Normas Riverside (**Figura 11**). De esta forma, todas las muestras quedan clasificadas como C2-S1 salvo la muestra I que se clasifica como C3-S1. En todas ellas, el riesgo de salinidad es medio y el de sodicidad bajo. Esto supone que la permeabilidad del suelo es buena ya que el ión sodio no predomina. En cuanto a las sales, pueden causar problemas sobre los cultivos aunque los valores no son demasiado altos, salvo en la muestra I que su conductividad eléctrica es ligeramente superior (775 dS/m) y el riesgo es mayor.

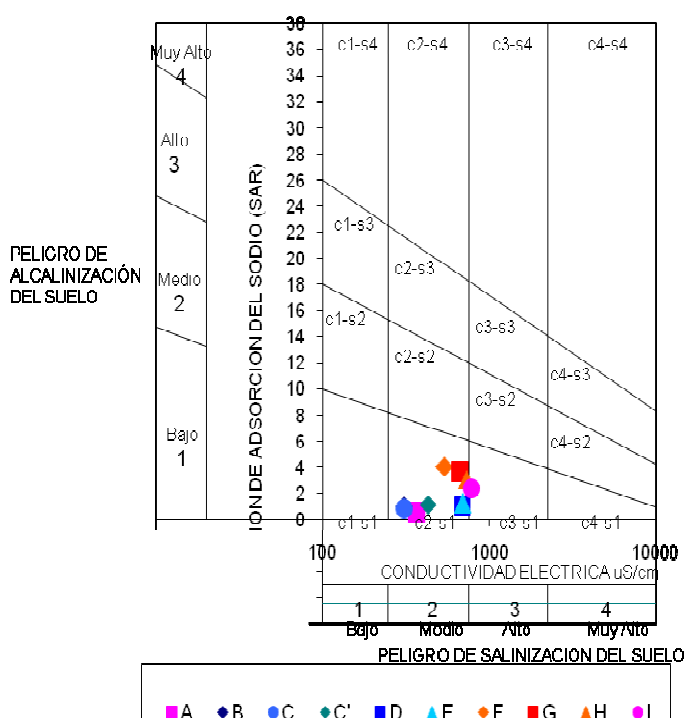


Figura 11: Clasificación de las aguas para riego

Calidad de aguas para vida piscícola

En el Anexo III del Real Decreto 927/1988, de 29 de julio, por el que se aprueba el Reglamento de la Administración Pública del Agua y de la Planificación Hidrológica, en

desarrollo de los Títulos II y III de la Ley de Aguas se regula la calidad exigible a las aguas continentales cuando requieran protección o mejora para ser aptas para la vida de los peces.

De esta forma, las aguas continentales que requieran protección o mejora para ser aptas para la vida de los peces quedan clasificadas en los dos grupos siguientes:

- Tipo S (aguas salmonícolas). Las aguas en las que viven o podrían vivir los peces que pertenecen a especies tales como el salmón (*Salmo salar*), la trucha (*Salmo trutta*), el timalo (*Thymallus thymallus*) y el corégono (*Coregonus*).
- Tipo C (aguas ciprinícolas). Las aguas en las que viven o podrían vivir los peces que pertenecen a los ciprinidos (*Cyprinidae*), o a otras especies tales como el lucio (*Esox lucius*), la perca (*Perca fluviatilis*) y la anguila (*Anguilla anguilla*).

Parámetro	Tipo S	Tipo C
Temperatura (°C)	1. La temperatura media aguas abajo de un vertido térmico (en el límite de la zona de mezcla) no deberá superar la temperatura natural en más de:	
	1,5 °C	3 °C
	2. El vertido térmico no deberá tener como consecuencia que la temperatura en la zona situada aguas abajo del punto de vertido térmico (en el límite de la zona de mezcla) supere los valores siguientes:	
	21,5 (0)	28 (0)
	10 (0)	10 (0)
	El límite de la temperatura de 10 °C no se aplicará sino a los períodos de reproducción de las especies que tienen necesidad de agua fría para su reproducción y exclusivamente a las aguas que puedan contener dichas especies.	
	Los límites de las temperaturas podrán, sin embargo, ser superados durante el 2% del tiempo.	
Oxígeno disuelto (mg/l O ₂).	50% ≥ 9	50% ≥ 7
	Cuando el contenido de oxígeno descienda por debajo de:	
	6	4
La autoridad competente deberá probar que esta situación no tendrá consecuencias perjudiciales para el desarrollo equilibrado de las poblaciones de peces.		
pH.	6-9 (0) (1)	6-9 (0) (1)
D.B.O. (mg/l O ₂)	(≤ 3)	(≤ 6)
Nitritos (mg/l NO ₂).	(≤ 0,01)	(≤ 0,03)
Amonio total (mg/l NH ₄).	≤ 1 (4)	≤ 1 (4)

(0) Se podrán superar los límites fijados en circunstancias meteorológicas o geográficas excepcionales y cuando las aguas experimenten un enriquecimiento natural en determinadas sustancias, entendiéndose por tal el proceso mediante el cual una masa de agua determinada recibe del suelo ciertas sustancias contenidas en él sin intervención del hombre.

(1) Las variaciones artificiales de pH con respecto a los valores constantes no deberán superar + 0,5

unidades de pH en los límites comprendidos entre 6,0 y 9,0, a condición de que estas variaciones no aumenten la nocividad de otras sustancias en el agua.

(4) En condiciones geográficas o climatológicas particulares y especialmente en el caso de bajas temperaturas del agua y reducida nitrificación o cuando la autoridad competente pueda probar que no hay consecuencias perjudiciales para el desarrollo equilibrado de las poblaciones de peces, se podrán fijar valores superiores a 1 mg/l.

Muestras

- Muestra A: el agua en este punto es aceptable para la vida de piscícolas, tanto salmonícolas como ciprinícolas. El único parámetro que se desajusta es el oxígeno disuelto (4,3 mg/l) que es demasiado bajo para ambos.
- Muestra B: todos los parámetros medidos se ajustan a las necesidades de ambos tipos de peces aunque el oxígeno disuelto y el amonio solo concuerdan con el tipo C.
- Muestra C1: el nitrito es excesivamente alto para la vida piscícola (0,10 ppm). El resto de parámetros se ajustan perfectamente a las condiciones establecidas.
- Muestra C2: en este caso, el oxígeno disuelto (3.49 ppm) es demasiado bajo para la vida piscícola, y los nitritos (0.03 ppm) solo concuerdan con los ciprinícolas. Los parámetros restantes se ajustan a ambos tipos.
- Muestra D: esta muestra de agua puede ser utilizada para todo tipo de vida piscícola, aunque el valor del oxígeno disuelto es un poco bajo.
- Muestra E: ocurre igual que en el punto anterior, el agua puede ser utilizada para todo tipo de vida piscícola, pero el valor del oxígeno disuelto es un poco bajo.
- Muestra F: los valores de los parámetros de DBO, oxígeno disuelto, nitritos y amonio son excesivos para que sea posible la vida de los peces en esas aguas.
- Muestra G: los valores de los parámetros de DBO, oxígeno disuelto, nitritos y amonio son excesivos para que sea posible la vida de los peces en esas aguas.
- Muestra H: los parámetros de DBO, oxígeno disuelto, nitritos y amonio son excesivos para la vida piscícola.
- Muestra I: los valores de los parámetros de DBO, oxígeno disuelto, nitritos y amonio son excesivos para que sea posible la vida de los peces en esas aguas.

CONCLUSIONES

De los datos obtenidos en los análisis se concluye los usos que podría tener el agua observándose que esta agua no cumple los requisitos necesarios para muchos usos.

La zona en la que se ha desarrollado la mayoría de las mediciones es un Parque Regional, lo cual implica que tienen una importancia ecológica elevada y que por ello

debería de estar más cuidado su entorno (existen especies tanto de fauna como de vegetación singulares para la Comunidad de Madrid), así como un entorno natural único.

En cuanto a las aguas superficiales, cabe destacar el parámetro de la DBO_5 , en especial en la muestra I, punto más cercano a la depuradora. Esta muestra se tomó en el río que recoge los vertidos de dicha depuradora. Se supone que debería de disminuir la DBO_5 ya que el agua está “depurada”, pero no es así, tiene más contenido en materia orgánica que el resto de muestras tomadas que está más lejos de esta instalación.

Cabe destacar los altos contenidos en cloruros en las aguas superficiales que puede deberse a las aguas residuales urbanas (debido a las sales que excretamos de nuestro organismo).

En general, los valores más altos de fosfato, se han registrado en aguas subterráneas. Esto estaría directamente relacionado con el uso de fertilizantes agrícolas, que se han movilizado y han atravesado el perfil del suelo acabando en aguas subterráneas. Observando la muestra I, se observa que no es mayor la concentración de fosfatos en este cauce que en el resto de puntos tomados en la finca, por lo que para este parámetro, la depuradora no es el foco más contaminante.

También se observa que la cantidad de nitratos en el agua, es mucho mayor en las aguas subterráneas que en las superficiales. Puede deberse, como en el mismo caso de los fosfatos, a la movilización de este ión (es muy móvil) por el perfil del suelo hasta acabar en las aguas subterráneas. El aumento también es debido al uso indiscriminado de los fertilizantes.

Cabe destacar, que el punto B es uno de los puntos que está más afectada por la agricultura, ya que su concentración de nitratos y fosfatos son mucho mayores que en otros puntos. Este punto servía de abrevadero para el ganado, por lo que se explica esa mala calidad.

Respecto a la legislación en materia de calidad de aguas, consideramos que es bastante permisiva a la hora de fijar unos valores máximos que deberían ser más restrictivos.

En definitiva, el estudio muestra que las aguas recogidas en la zona de Soto Viñuelas son aptas para el uso ganadero y para riego, destacando las muestras A y C2, que también son aptas para abastecimiento.

BIBLIOGRAFÍA

Arenas Miranda, R. (2007). “Evaluación de los parámetros de contaminación del Arroyo Viñuelas”. Doctorado en Ciencias de la Tierra y Medio Ambiente en la Universidad Autónoma de Madrid.

Castejón Fernández de Gamboa, S. (1998). “Calidad del estado de contaminación de las aguas superficiales y subterráneas en el Soto de Viñuelas. Alternativas para su recuperación y conservación.” Proyecto fin de carrera de Ciencias Ambientales de la Universidad Autónoma de Madrid.

Custodio y Llamas (1983). "Hidrología subterránea". Editorial Omega.

National Academy of Sciences and National Academy of Engineering (1972). "Clasificación de las aguas para ganado según la salinidad."

Real Decreto 140/2003, de 7 de febrero, por el que se establecen los criterios sanitarios de la calidad del agua de consumo humano.

Real Decreto 927/1988, de 29 de julio, por el que se aprueba el Reglamento de la Administración Pública del Agua y de la Planificación Hidrológica

Real Decreto 509/1996 de 15 de marzo, de desarrollo del Real Decreto-ley 11/1995, de 28 de diciembre, por el que se establecen las normas aplicables al tratamiento de las aguas residuales urbanas.