

ZUBÍA. Monográfico	10	191-211	Logroño	1998
--------------------	----	---------	---------	------

## CALIDAD DE LAS AGUAS DEL SISTEMA OJA-TIRÓN

I. Pérez Moreno\*  
M. Andrades Rodríguez\*  
R. García Gómez\*  
E. Martínez Villa\*

### RESUMEN

*Se ha realizado, durante un año hidrológico, una campaña de toma de muestras de agua superficial y subterránea en el sistema Oja-Tirón (La Rioja), con frecuencia estacional. Se han determinado parámetros físico-químicos, aniones y cationes principales, indicadores de contaminación, metales pesados y parámetros microbiológicos. Con los valores obtenidos se clasifica, según la normativa española (adaptada de las Directivas de la CEE), el agua de las distintas estaciones de muestreo en relación con su aptitud para distintos usos: abastecimiento de agua potable, uso recreativo con contacto y uso piscícola.*

*Palabras clave: calidad del agua, agua superficial, agua subterránea, sistema Oja-Tirón, La Rioja.*

*During an hydrological year, a campaign of surface and groundwater sample taking has been carried out in the Oja-Tirón system, with seasonal frequency. Physical-chemical parameters, main anions and cations, contamination indicators, heavy metals and microbiological parameters have been measured. By means of the values obtained, water sources have been classified (according for spanish and E.E.C. laws) in relation to their suitability for different uses: human supply, recreational and fishery use.*

---

\* Departamento de Agricultura y Alimentación. Universidad de La Rioja. Avda. de la Paz 105. 26004 Logroño. Este trabajo se ha financiado mediante un contrato OTRI entre la Universidad de La Rioja y la Consejería de Salud, Consumo y Bienestar Social del Gobierno de La Rioja.

*Key words: Water quality, surface water, ground water, Oja-Tirón system. La Rioja.*

## 0. INTRODUCCIÓN

La importancia que tienen los estudios relacionados con el agua se debe, fundamentalmente, a que este recurso natural es utilizado en numerosas, si no en todas, las actividades que desarrolla el hombre y, a su vez, se ve amenazado por una degradación creciente de su calidad como consecuencia de este uso.

Los ecosistemas acuáticos son, en general, más vulnerables que los ecosistemas terrestres, ya que el impacto que produce la actividad humana en el medio ambiente se refleja en mayor medida en la contaminación del agua. Los miembros de un ecosistema están interrelacionados y adaptados a coexistir, por lo que ligeras desviaciones de los componentes de entrada y salida de dicho ecosistema provocan la aceleración o desaceleración de los ciclos naturales y, consecuentemente, un desajuste que puede ser local, regional o hasta global. La importancia que tiene la contaminación se debe a su efecto tóxico y, en algunos casos, a su bioacumulación. Además, la contaminación superficial frecuentemente encuentra vías de propagación hacia las aguas subterráneas, dependiendo su avance de las características de los contaminantes y suelos (Hernández Suárez, 1994).

El principal objetivo a alcanzar en la gestión de una determinada cuenca, debe ser el mantenimiento de una calidad adecuada de las aguas superficiales y subterráneas, es decir, una calidad capaz de conservar una fauna y flora naturales, además de ser apta para los distintos usos a que pueda destinarla el hombre. Para ello, es necesario establecer programas de actuación, en los que se contemplen y fijen objetivos en relación con los niveles mínimos de calidad y objetivos a largo plazo, siendo uno de los más importantes, prevenir su degradación mediante acciones correctoras. La fijación de objetivos de calidad, científicamente correctos, debe tener por meta el asegurar una pureza del agua compatible con el uso que se va a hacer de ella. La calidad de las aguas de un río debe ser tal que, además de permitir la vida piscícola, se pueda utilizar para los distintos usos que requiera el hombre, siendo a veces preciso someterla a unos tratamientos adecuados. El tratamiento necesario dependerá de las concentraciones de contaminantes, del tipo de los mismos y de las exigencias o necesidades de calidad. Cada uno de los posibles usos que se haga del agua requiere una calidad mínima, calidad que viene condicionada por las distintas y variadas sustancias que lleva disueltas o en suspensión (Catalán Lafuente y Catalán Alonso, 1987).

Este trabajo tiene como objetivo el estudio de la calidad de las aguas naturales del sistema Oja-Tirón, es decir, las aguas superficiales de los ríos Oja y Tirón (éste último río en su tramo riojano) y las aguas subterráneas del acuífero del Oja. Para la clasifi-

cación de estas aguas se ha utilizado la normativa existente en la actualidad para los siguientes usos: producción de agua potable, uso recreativo con contacto (baños) y vida piscícola (Real Decreto 927/1988 de 28 de julio; Real Decreto 1138/1990 de 14 de septiembre). Lógicamente, las aguas del acuífero del Oja sólo se han clasificado en función de su calidad para producir agua potable. Este estudio pretende ser una herramienta útil que permita elaborar un plan de ordenación y manejo de los recursos hídricos del sistema Oja-Tirón que atienda a su aspecto ecológico y a la calidad de las aguas consideradas, formando parte de una planificación integrada de los recursos naturales de la zona.

## 1. DESCRIPCIÓN DE LA CUENCA

### 1.1. Marco Geográfico

El área de estudio comprende, fundamentalmente, la Cuenca del Río Oja y la zona baja de la Cuenca del río Tirón. Ambos ríos se unen antes de desembocar en el Ebro, cerca de Anguciana, desde donde el Oja pierde su identidad; de ahí la denominación genérica de cuenca Oja-Tirón.

El río Oja salva un gran desnivel desde su nacimiento, a 2.000 m de altitud, hasta la aldea de Posadas (800-900 m), depositando una gran cantidad de cantos que forman el lecho del río y una complicada red de terrazas. El cauce actual del Oja, la terraza más baja T10 y, probablemente, la terraza media T4 forman un gran acuífero aluvial, de alta permeabilidad y conectado al río. Tiene una superficie de 70 km<sup>2</sup> con un espesor que oscila entre 5 m, en la parte norte del aluvial, hasta 26 m al norte de Santo Domingo de la Calzada. El conjunto de las terrazas, más desarrolladas en la margen derecha del río, desde las altas T, T2, T3 y T4 y las bajas, así como la aluvial T10, forman pequeños acuíferos colgados que, en ocasiones, comunican con el acuífero principal. El drenaje en estas terrazas es más difícil al quedar desconectadas temporalmente del acuífero general (IGME, 1987).

Ambos ríos nacen en la Demanda y poseen régimen de tipo pluvio-nival con influencia oceánica. Las máximas de caudal se dan en abril y mayo, debido al deshielo y a las mayores precipitaciones primaverales. Los caudales más bajos se dan en agosto y septiembre, llegando a desaparecer entre Santurde y Castañares.

Las medidas del caudal del río Tirón a su paso por Cuzcurrita indican modificaciones desde las máximas de febrero, marzo, abril y mayo a mínimas de julio, agosto, septiembre y octubre, presentando valores medios en junio, noviembre y diciembre (García Ruiz, 1992).

Las entradas de agua al acuífero se producen por infiltración de la lluvia sobre la superficie permeable del acuífero y sobre todo por la infiltración del caudal del propio

río Oja entre Ojacastro y Sto. Domingo de la Calzada. Una componente fundamental de la recarga es la infiltración de la escorrentía superficial que cae sobre los materiales terciarios impermeables y que se infiltra en los límites del acuífero. También aportan agua en el estío los retornos sobrantes de los regadíos. Otra aportación resulta de la percolación del macizo cárstico de Ezcaray.

Las salidas del agua del acuífero se producen a través de manantiales y directamente al río entre Villalobar y Casalarreina y por el arroyo de Zamaca (León Zudaire, 1995).

La velocidad de circulación de las aguas del acuífero es bastante alta debido a la geometría del sustrato impermeable, así como a la alta pendiente y permeabilidad. Sólo a nivel de las terrazas la renovación del agua es menor que en el aluvial.

## 1.2. Litología de la zona

Algunas de las características del agua de estos ríos son heredadas de los materiales por los que discurre su cauce. El Tirón, a la altura de Cerezo, discurre por un cauce disimétrico: glacis en su margen derecha y margas yesíferas en la izquierda, en las que se encaja desde Tormantos hasta Cihuri. En su tramo final, una vez incorporado el Oja, discurre sobre material cuaternario.

El Oja nace entre materiales paleozoicos, cuarcitas fundamentalmente, que son fuertemente erosionadas y cuyos cantos, a medida que disminuye la pendiente y se amplía el cauce, se depositan dando un enorme lecho de aluviones de carácter cuarcítico. Luego, se encaja entre la banda caliza del Triásico-Jurásico y los conglomerados de Ojacastro y se ensancha enormemente a partir de Santurde. A su paso por Castañares y Casalarreina se vuelve a encajar y, al disminuir el espesor de sedimentos, aflora el sustrato rocoso impermeable, a base de limolitas, arcillas y margas, muy cerca de su desembocadura en el Tirón.

## 1.3. Usos del Agua

La calidad de un agua depende de sus propiedades naturales derivadas de las características del terreno en el que surge y por el que atraviesa, así como de los usos que se dé a la misma.

Los núcleos urbanos de mayor dimensión son Ezcaray (1.843 habitantes), Santo Domingo de la Calzada (5.722 hab.), Casalarreina (944 hab.) y Haro (9.071 hab.). El resto del espacio está ocupado por pequeños municipios con poblaciones menores de 750 habitantes (Consejería de Agricultura, Ganadería y Desarrollo Rural, 1997).

La actividad económica principal de la zona corresponde al sector primario, la agricultura. Se trata de una agricultura intensiva de huerta y herbáceos de regadío, patata y remolacha en el bajo Oja, y cereal y viñedo en el Tirón.

Lo antedicho, determina el uso principal que se le da al agua: abastecimiento urbano y regadío. En ambos casos el suministro se realiza, fundamentalmente, mediante captación de aguas subterráneas. El acuífero está perforado por multitud de pozos destinados a regadío y que pueden suministrar caudales comprendidos entre los 20 l/s y los 30 l/s. También, existen numerosas tomas de abastecimiento urbano.

Menor importancia reviste el uso para la industria, principalmente del mueble. Destacar el uso piscícola del Oja: es coto truchero en su tramo medio-alto y alimenta una piscifactoría en Castañares.

Los principales focos de contaminación del acuífero proceden de los vertidos urbanos formados por aguas de cocina, limpieza y aguas residuales, en ocasiones de origen industrial y agrícola. El hecho de que el Oja tenga un caudal tan variable, provoca que los vertidos se estacionen cuando los ríos están secos, infiltrándose directamente en el acuífero.

## 2. MUESTREO Y METODOLOGÍA

### 2.1. Mapa de estaciones de muestreo

Para el estudio de las aguas superficiales de los ríos Oja y Tirón, se han muestreado 10 estaciones, 5 en cada río, repartidas a lo largo del cauce: de S1 a S5 en el Tirón y de S6 a S10 en el Oja. La localización de cada una de ellas aparece indicada en la figura 1. Algunas de las estaciones del río Oja (en concreto S6 y S7) no han podido ser muestreadas en todas las ocasiones, ya que el cauce del río se encontraba sin agua en ese tramo. En el caso de las aguas del acuífero del Oja, las estaciones de muestreo han sido 11 (de P1 a P11) y se corresponden con pozos de abastecimiento urbano y manantiales. Su situación exacta se puede observar en la figura 2.

Cada estación ha sido muestreada cuatro veces a lo largo de un año hidrológico, siendo las fechas exactas las siguientes:

- Aguas superficiales:
- 1) 03.06.1996
  - 2) 09.09.1996
  - 3) 05.11.1996
  - 4) 17.03.1997
- Acuífero del Oja:
- 1) 05.06.1996
  - 2) 04.09.1996
  - 3) 06.11.1996
  - 4) 17.03.1997

## 2.2. Parámetros analizados

Para cada muestra se utilizaron dos envases: uno de ellos estéril, de 500 ml de capacidad, cuya agua se destinó a los controles microbiológicos, y otro de 2000 ml, cuyo contenido se empleó en el resto de análisis. Los parámetros analizados para cada muestra fueron los siguientes:

- 1) Físico-químicos: temperatura, pH y conductividad eléctrica.
- 2) Aniones principales: cloruros, sulfatos, bicarbonatos y carbonatos.
- 3) Cationes principales: sodio, potasio, calcio y magnesio.
- 4) Indicadores de contaminación: DQO, oxígeno disuelto, nitratos, nitritos, amoníaco, fósforo, cianuros, fenoles y detergentes.
- 5) Metales pesados: cromo, cobre, hierro, manganeso, cinc, cadmio y plomo.
- 6) Parámetros microbiológicos: coliformes totales, coliformes fecales y estreptococos fecales.

## 3. RESULTADOS

En las tablas 1 a 5 aparecen reflejadas, para cada parámetro analizado, las medias de los resultados obtenidos en los cuatro muestreos llevados a cabo en cada estación.

CALIDAD DE LAS AGUAS DEL SISTEMA OJA-TIRÓN

ESTACIÓN	pH	Conductividad ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ )	T <sup>a</sup> (°C)
S1	8,26	1.399	13,03
S2	8,25	1.355	12,90
S3	8,10	1.184	12,63
S4	7,98	1.194	12,50
S5	8,05	888	12,58
S6	7,16	49	10,43
S7	7,42	195	13,13
S8	7,30	183	11,15
S9	7,60	339	16,85
S10	7,61	340	15,00
P1	7,36	242	
P2	7,22	215	
P3	7,01	222	
P4	7,06	244	
P5	7,37	1.117	
P6	7,11	784	
P7	7,17	325	
P8	7,09	284	
P9	7,04	412	
P10	7,10	334	
P11	7,26	580	

Tabla 1: Valores medios de los parámetros físico-químicos generales obtenidos en las aguas superficiales (estaciones S) y del acuífero (estaciones P).

ESTACIÓN	Calcio (mg/l)	Magnesio (mg/l)	Sodio (mg/l)	Potasio (mg/l)	Cloruros (meq/l)	Sulfatos (meq/l)	Bicarbonatos (meq/l)	Carbonatos (meq/l)
S1	185,29	22,52	102,98	2,15	41,77	544,91	3,28	N.D.
S2	187,12	25,58	91,63	2,88	42,76	557,90	2,88	N.D.
S3	158,23	22,01	74,48	2,68	36,04	456,68	2,72	N.D.
S4	159,29	22,17	71,95	2,78	36,74	450,43	2,81	N.D.
S5	119,13	18,58	43,64	2,49	28,27	282,89	2,56	N.D.
S6	8,38	2,51	3,53	0,45	1,88	5,87	0,57	N.D.
S7	27,21	6,40	6,30	1,03	4,64	27,61	1,30	N.D.
S8	24,84	5,34	5,84	0,77	5,17	24,46	1,24	N.D.
S9	47,34	8,53	9,42	3,98	13,96	43,73	1,96	N.D.
S10	48,03	8,91	8,68	1,64	13,87	43,92	1,80	N.D.
P1	32,66	6,70	5,02	0,91	5,01	38,61	1,46	N.D.
P2	30,04	6,07	4,88	0,85	5,00	34,14	1,33	N.D.
P3	30,39	5,68	5,99	0,95	6,37	34,40	1,38	N.D.
P4	34,38	5,76	6,09	1,33	6,86	31,05	1,48	N.D.
P5	170,13	26,75	17,08	2,42	64,93	142,94	4,46	N.D.
P6	119,66	16,50	12,57	1,70	43,86	103,42	2,83	N.D.
P7	46,20	8,04	7,13	1,12	11,15	47,72	1,81	N.D.
P8	38,75	6,58	6,54	1,52	10,27	37,33	1,52	N.D.
P9	54,54	10,13	7,12	1,30	19,25	61,49	1,44	N.D.
P10	42,74	8,12	8,33	1,72	14,14	40,93	1,52	N.D.
P11	91,19	12,30	10,13	1,58	22,77	74,53	3,44	N.D.

N.D. no detectado

Tabla 2: Valores medios de los cationes y aniones principales obtenidos en las aguas superficiales (estaciones S) y del acuífero (estaciones P).



CALIDAD DE LAS AGUAS DEL SISTEMA OJA-TIRÓN

ESTACIÓN	Amoníaco (mg/l)	Nitratos (mg/l)	Nitritos (mg/l)	Fósforo (mg/l)	DQO (mg/l)	Cianuro (mg/l)	Fenoles (mg/l)	Detergentes (mg/l)	O <sub>2</sub> (mg/l)	O <sub>2</sub> (%)
S1	0,09	16,17	0,05	<0,03	<10	<0,03	<0,01	0,32	12,20	120,00
S2	0,10	20,56	0,08	<0,03	<10	<0,03	<0,01	0,38	11,75	115,50
S3	0,13	18,20	0,07	<0,03	<10	<0,03	<0,01	0,35	10,95	107,00
S4	0,09	19,40	0,06	0,04	<10	<0,03	<0,01	0,37	10,33	100,25
S5	0,11	22,61	0,09	0,04	<10	<0,03	<0,01	<0,01	10,10	96,50
S6	0,89	2,63	0,03	<0,03	<10	<0,03	<0,01*	0,41	9,07	83,67
S7	0,12	2,46	0,05	0,05	<10	<0,03	<0,01*	0,09	7,83	79,50
S8	0,32	3,02	0,03	<0,03	<10	<0,03	<0,01	0,11	9,20	86,50
S9	1,73	22,11	0,25	0,18	<10	<0,03	<0,01	0,51	7,38	79,25
S10	0,17	24,13	0,18	0,07	<10	<0,03	<0,01	0,36	8,13	83,00
P1	0,07	3,18	0,02	<0,03	<10	<0,03	<0,01	0,05		
P2	0,13	3,11	0,02	0,03	<10	<0,03	<0,01	0,19		
P3	0,21	4,01	0,02	<0,03	<10	<0,03	<0,01	0,13		
P4	0,11	7,58	0,02	<0,03	<10	<0,03	<0,01	0,15		
P5	0,08	125,87	0,01	<0,03	<10	<0,03	<0,01	1,62		
P6	0,14	90,92	0,03	<0,03	<10	<0,03	<0,01	1,37		
P7	0,10	14,59	0,04	0,03	<10	<0,03	<0,01	0,25		
P8	0,16	13,95	0,02	<0,03	<10	<0,03	<0,01	0,22		
P9	0,13	45,29	0,02	<0,03	<10	<0,03	<0,01	0,55		
P10	0,16	26,45	0,02	<0,03	<10	<0,03	<0,01	0,42		
P11	0,13	33,10	0,03	<0,03	<10	<0,03	<0,01	0,51		

\* En cualquier caso la concentración media de fenoles sería mayor de 0,005 mg/l.

Tabla 3: Valores medios de los indicadores de contaminación obtenidos en las aguas superficiales (estaciones S) y del acuífero (estaciones P).

ESTACIÓN	Hierro (mg/l)	Cobre (mg/l)	Manganeso (mg/l)	Cinc (mg/l)	Cromo (µg/l)	Cadmio (µg/l)	Plomo (µg/l)
S1	0,05	<0,01	<0,01	0,01	2,20	0,76	1,10
S2	0,05	<0,01	<0,01	0,01	2,08	0,44	1,16
S3	0,04	<0,01	<0,01	0,02	3,44	0,55	1,12
S4	0,03	<0,01	<0,01	0,02	2,16	0,54	1,12
S5	0,04	<0,01	<0,01	0,02	2,95	0,27	1,08
S6	0,04	<0,01	<0,01	0,01	2,26	0,29	1,10
S7	0,05	<0,01	<0,01	0,01	2,31	0,36	1,07
S8	0,03	<0,01	<0,01	<0,01	4,62	0,40	<1,00
S9	0,07	<0,01	<0,01	0,02	3,76	0,41	1,13
S10	0,05	<0,01	<0,01	0,01	5,47	0,40	1,19
P1	0,05	<0,01	<0,01	<0,01	1,04	0,69	<1,00
P2	0,04	<0,01	<0,01	<0,01	1,62	0,83	<1,00
P3	0,04	<0,01	<0,01	<0,01	7,22	0,26	<1,00
P4	0,05	<0,01	<0,01	0,02	4,16	0,20	<1,00
P5	0,05	<0,01	<0,01	0,01	5,30	0,54	1,13
P6	0,04	<0,01	<0,01	0,03	1,62	0,75	<1,00
P7	0,04	<0,01	<0,01	<0,01	4,58	0,24	<1,00
P8	0,05	<0,01	<0,01	<0,01	1,67	1,11	<1,00
P9	0,05	<0,01	<0,01	<0,01	1,55	1,01	<1,00
P10	0,05	<0,01	<0,01	<0,01	3,57	2,05	<1,00
P11	0,05	<0,01	<0,01	<0,01	2,57	0,12	<1,00

Tabla 4: Valores medios de los parámetros microbiológicos obtenidos en las aguas superficiales (estaciones S) y del acuífero (estaciones P).

CALIDAD DE LAS AGUAS DEL SISTEMA OJA-TIRÓN

ESTACIÓN	Coliformes totales (NMP/100ml)	Coliformes fecales (NMP/100ml)	Estreptococos fecales (UFC/ml)
S1	*	*	5
S2	101	89	13
S3	*	*	8
S4	*	*	150
S5	*	*	0
S6	20	11	0
S7	*	*	313
S8	13	1	0
S9	38	22	0
S10	89	52	0
P1	0	0	0
P2	6	0	0
P3	0	0	0
P4	2	1	0
P5	0	0	0
P6	0	0	0
P7	6	1	0
P8	1	0	0
P9	6	0	0
P10	1	1	0
P11	6	0	0

\* La técnica empleada en el análisis microbiológico (NMP) no permite realizar medias en algunos muestreos. En cualquier caso, el número más probable de colonias estaría comprendido entre 1.610 y 5.805 con un límite de confianza del 95%

Tabla 5: Valores medios de los parámetros microbiológicos obtenidos en las aguas superficiales (estaciones S) y del acuífero (estaciones P).

#### 4. CLASIFICACIÓN DEL AGUA SEGÚN SUS USOS

Como ya se ha comentado, cada uso que se haga del agua requiere una determinada calidad, la cual viene condicionada por las distintas y variadas sustancias que lleva disueltas o en suspensión. Esta calidad del agua, contemplada desde los distintos puntos de vista de su utilización, es la característica más importante a considerar, ya que una correcta definición de la misma, desde los más variados aspectos de su uso, influye de una manera decisiva, no sólo en la expansión y desarrollo de las actividades humanas, sino que constituye, quizá, el factor más decisivo de un óptimo desarrollo fisiológico en relación con la salud (Catalán Lafuente y Catalán Alonso, 1987).

Según el artículo 79.2 del Reglamento de la Administración Pública del Agua y de la Planificación Hidrológica (Real Decreto 927/1988, de 29 de julio), los objetivos de calidad que deban alcanzarse en cada río o tramo de río se definirán en función de los usos previstos para las aguas y deberán cumplir unas condiciones mínimas. Estas condiciones vienen definidas en los anexos 1, 2 y 3 del mencionado Reglamento.

##### 4.1. Calidad del agua para la producción de agua potable

La filosofía de los niveles normalizados para la bebida y usos domésticos del agua se basa en la absoluta necesidad de mejorar muchas de las aguas que se suministran para estos fines. En lo que se refiere a los límites de calidad del agua para este uso, los aspectos a considerar son los sanitarios y los económicos, ya sean en relación con su uso o con su tratamiento (Catalán Lafuente y Catalán Alonso, 1987). Las aguas superficiales susceptibles de ser destinadas al consumo humano quedan clasificadas, según el anexo nº1 del Real Decreto 927/1988, en los tres grupos siguientes, en función del grado de tratamiento que deben recibir para su potabilización:

– Tipo A1. Corresponden a esta categoría la aguas que sólo necesitan tratamiento físico simple y desinfección, es decir, una filtración rápida y una desinfección.

– Tipo A2. Corresponden a esta categoría las aguas que para su suministro deben sufrir un tratamiento físico normal y un tratamiento químico seguido de una desinfección, o sea, que éstas pueden sufrir una precloración, coagulación, floculación, decantación, filtración y cloración final.

– Tipo A3. En esta categoría se incluyen las aguas que, previo a su suministro, deben ser tratadas de una manera completa, con un tratamiento físico y químico intenso, seguido de un tratamiento de afinado prolongado y desinfección, es decir, cloración al punto de ruptura, coagulación, floculación, decantación, filtración, filtración con carbón activo, ozonización y cloración final.

## CALIDAD DE LAS AGUAS DEL SISTEMA OJA-TIRÓN

Se han considerado como aguas de tipo A4 aquellas que, al menos para algún parámetro, sobrepasan los niveles máximos del tipo A3, por lo que muestran imposibilidad para ser transformadas en aguas alimentarias. Los diferentes parámetros que intervienen en esta clasificación han sido agrupados en:

- 1) Caracteres fisicoquímicos: pH, conductividad, cloruro, sulfatos y oxígeno disuelto.
- 2) Sustancias no deseables: nitratos, amoníaco, DQO, detergentes, fenoles, hierro, manganeso, cobre y cinc.
- 3) Sustancias tóxicas: cadmio, cianuros, cromo y plomo.
- 4) Caracteres microbiológicos: coliformes totales, coliformes fecales y estreptococos fecales.

Los niveles de calidad de las aguas no podrán ser menos estrictos que los que figuran en el anexo citado para cada tipo de tratamiento, salvo que se prevea un tratamiento especial que las haga potables. La evaluación del agua de las distintas estaciones muestreadas se ha realizado de acuerdo con los datos medios obtenidos para cada parámetro y aparece resumida en las tablas 6 y 7.

ESTACIÓN	CARACTERES FISCOQUÍMICOS	SUSTANCIAS NO DESEABLES	SUSTANCIAS TÓXICAS	CARACTERES MICROBIOLÓGICOS	CALIFICACIÓN GLOBAL
S1	A4	A3	A1	A2	A4
S2	A4	A3	A1	A2	A4
S3	A4	A3	A1	A3	A4
S4	A4	A3	A1	A3	A4
S5	A4	A3	A1	A2	A4
S6	A1	A3	A1	A1	A3
S7	A1	A3	A1	A3	A3
S8	A1	A2	A1	A1	A2
S9	A1	A3	A1	A2	A3
S10	A1	A3	A1	A2	A3

Tabla 6: Clasificación de las aguas superficiales del sistema Oja-Tirón en función de su calidad para la producción de agua potable.

En el río Tirón encontramos que, en todas las estaciones de muestreo, las aguas se han clasificado como de tipo A4, es decir, no aptas para ser convertidas en agua alimentaria. Esto se ha debido a dos factores:

1) Alta conductividad. En las estaciones S1, S2, S3 y S4 la conductividad ha sido superior a 1.000 mS/cm, lo que nos indica una alta mineralización, siendo éste el nivel máximo exigido por el Real Decreto 927/1988. Por su parte, la Reglamentación Técnico-Sanitaria para el abastecimiento y control de calidad de las aguas potables de consumo público (Real Decreto 1138/1990, de 14 de septiembre) establece un nivel guía, es decir, un valor deseable en el agua potable, de 400 mS/cm.

2) Alta concentración de sulfatos. En todas las estaciones la concentración de sulfatos es superior a 250 mg/l, que es la concentración máxima admisible, siendo el nivel guía 25 mg/l. Sin embargo, las aguas que superan esta concentración pueden utilizarse para producción de agua potable siempre que no existan aguas más aptas para el consumo (Real Decreto 927/1988).

En el río Oja, sin embargo, las aguas se han clasificado como tipo A2 (estación S8) y tipo A3 (estaciones S6, S7, S9 y S10). La clasificación como tipo A2 se ha debido a la concentración de amoníaco detectada, superior a 0,05 mg/l. La clasificación como tipo A3 ha sido determinada, en la estación S6 por la concentración de fenoles (superior a 0,005 mg/l) y detergentes (mayor de 0,2 mg/l), en la estación S7 por el nivel de fenoles y coliformes fecales, en la estación S9 por la concentración de detergentes y amoníaco (superior a 1,5 mg/l), y en la estación S10 por la concentración de detergentes. Hay que señalar que, en la estación S6, se han obtenido en el muestreo de invierno altos niveles de amoníaco (2,48 mg/l) y de detergentes (1,03 mg/l). Éste último valor supera la concentración máxima de detergentes exigida para las aguas de tipo A3, por lo que pasaría a ser clasificada como agua de tipo A4. Pensamos que estos datos se pueden deber a algún vertido puntual y que, por lo tanto, no serían representativos. Por otra parte, en la estación S9 para esa misma fecha aparecen, también, niveles muy altos de amoníaco (6,17 mg/l), lo que obligaría a clasificar el agua en ese momento como de tipo A4 en lugar de tipo A3, tal como resulta de la media de todos los muestreos.

CALIDAD DE LAS AGUAS DEL SISTEMA OJA-TIRÓN

ESTACIÓN	CARACTERES FÍSICOQUÍMICOS	SUSTANCIAS NO DESEABLES	SUSTANCIAS TÓXICAS	CARACTERES MICROBIOLÓGICOS	CALIFICACIÓN GLOBAL
P1	A1	A2	A1	A1	A2
P2	A1	A2	A1	A1	A2
P3	A1	A2	A1	A1	A2
P4	A1	A2	A1	A1	A2
P5	A4	A4	A1	A1	A4
P6	A1	A4	A1	A1	A4
P7	A1	A3	A1	A1	A3
P8	A1	A3	A1	A1	A3
P9	A1	A4	A1	A1	A4
P10	A1	A3	A1	A1	A3
P11	A1	A4	A1	A1	A4

Tabla 7: Clasificación del agua del acuífero del Oja en función de su calidad para la producción de agua potable.

Las aguas del acuífero del Oja han sido clasificadas, de acuerdo con los análisis obtenidos, en aguas de tipo A2 (estaciones de muestreo P1, P2, P3 y P4), tipo A3 (estaciones P7, P8 y P10) y tipo A4 (estaciones P5, P6, P9 y P11). En relación con las aguas catalogadas como tipo A2, el factor que ha determinado su clasificación ha sido la concentración de amoníaco, superior a 0,05 mg/l. Sin embargo, en las aguas tipo A3, a pesar de tener también altos niveles de amoníaco, el parámetro que ha decidido su clasificación ha sido la concentración de detergentes (superior a 0,2 mg/l), aunque en P7 y en P8 la concentración media supera muy ligeramente este valor. Por su parte, las aguas tipo A4 se han clasificado como tal debido a su alta concentración de detergentes (superior a 0,5 mg/l), si bien es verdad que P9 y P11 estarían rozando este nivel, y en algunas estaciones de muestreo, como P5 y P6, también por su alta concentración de nitratos, superior a 50 mg/l, que es la concentración máxima admisible (Real Decreto 1138/1990). En P5, además, la conductividad es superior a 1.000 mS/cm, lo que indica mineralización excesiva.

Hay que señalar que en la estación P9, la concentración de nitratos supera el nivel máximo admisible en los muestreos de primavera e invierno, y además, en el muestreo de primavera se ha detectado una concentración de cadmio de 7,86 mg/l, también superior a la máxima admitida (5 mg/l).

#### 4.2. Calidad del agua para uso recreativo con contacto

Las normas de calidad de las aguas destinadas a usos recreativos van dirigidas a proteger la salud de los que las utilizan, fundamentalmente en los baños. La calidad exigida a las aguas dulces superficiales para ser aptas para el baño está regulada por el anexo nº2 del Real Decreto 927/1988. Se contemplan varios parámetros, entre los que cabe mencionar coliformes totales y fecales, estreptococos fecales, pH, detergentes, fenoles y oxígeno disuelto. Existe un solo tipo de calidad, que es el de aguas aptas para el baño, siendo sólo aplicable durante la temporada de baños, por lo que únicamente se han considerado los análisis del muestreo efectuado en el verano.

ESTACIÓN	COLIFORMES TOTALES	COLIFORMES FECALIS	ESTREPTOCOCOS FECALIS	pH	DETERGENTES	FENOLES	OXIGENO DISUELTO	CALIFICACION GLOBAL
S1	apta	apta	apta	apta	apta	apta	no apta	no apta
S2	apta	apta	apta	apta	apta	apta	no apta	no apta
S3	apta	apta	apta	apta	apta	apta	no apta	no apta
S4	apta	apta	apta	apta	apta	apta	apta	apta
S5	apta	apta	apta	apta	apta	apta	apta	apta
S6	-	-	-	-	-	-	-	-
S7	apta	apta	apta	apta	apta	apta	apta	apta
S8	-	-	-	-	-	-	-	-
S9	apta	apta	apta	apta	no apta	apta	no apta	no apta
S10	apta	apta	apta	apta	apta	apta	apta	apta

Tabla 8: Clasificación de las aguas superficiales del sistema Oja-Tirón en función de su calidad para uso recreativo con contacto.

En la tabla 8 se muestra la clasificación de la calidad del agua para uso recreativo con contacto en cada estación de muestreo. Existen, por tanto, cuatro estaciones en las que las aguas no son aptas para el baño: S1, S2 y S3, en el río Tirón; y S9 en el río Oja. Los parámetros que limitan esta actividad son el oxígeno disuelto, en todas las estaciones, y la concentración de detergentes, en la estación S9. En los meses de mayor temperatura de las aguas, la concentración de oxígeno disuelto supera, muchas veces, la de saturación. Esto se debe a la acción fotosintética de las plantas verdes sumergidas, que durante las horas de luz están produciendo oxígeno en las aguas. Este fenómeno se aprecia con frecuencia en los tramos más productivos y eutrofizados.



#### 4.3. Calidad del agua para la vida piscícola

El anexo nº3 del Real Decreto 927/1988, fija las condiciones mínimas exigidas a las aguas continentales que requieran protección o mejora para la vida piscícola. Se analizan hasta catorce parámetros, siendo los más importantes oxígeno disuelto, pH, fósforo total, nitritos, amoníaco, cinc total y cobre soluble. Las aguas superficiales se clasifican, por su calidad, en dos grupos:

– Tipo S (aguas salmonícolas). 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). Aguas en las que viven o podrían vivir los peces que pertenecen a la familia de los ciprínidos (*Cyprinidae*), o a otras especies tales como el lucio (*Exos lucius*), la perca (*Perca fluviatilis*) y la anguila (*Anguilla anguilla*).

Aquellas aguas que, por su mala calidad, no pueden ser clasificadas dentro de alguno de estos dos tipos, se han catalogado como aguas desfavorables. La clasificación de la calidad del agua para la vida piscícola en cada estación de muestreo se ha realizado a partir de las medias obtenidas para cada parámetro analizado y aparece reflejada en la tabla 9.

De los resultados obtenidos se puede comprobar que el agua de casi todas las estaciones, con la excepción de la S6 y S8, incumple la normativa en relación con su aptitud para el desarrollo de peces, tanto ciprínidos como salmónidos. Únicamente la estaciones S6 y S8 están clasificadas como aguas tipo C, es decir, aguas favorables para la vida de los ciprínidos. Esta clasificación se debe, casi exclusivamente, a los nitritos, aunque en la estación S9 también interviene el amoníaco.

De estos resultados analíticos no se puede concluir la no existencia de las especies correspondientes, sino que no se dan las condiciones más adecuadas para su reproducción. De hecho, según los datos aportados por Zaldívar (1994) en los ríos Oja y Tirón se ha detectado la presencia de una especie de salmónido (trucha común) y cuatro especies de ciprínidos (barbo de cola roja, madrilla o loína, piscardo y bermejuela).

ESTACIÓN	OXIGENO DISUELTO	pH	FOSFORO	NITRITOS	AMONIACO	ZINC	COBRE	CALIFICACION GLOBAL
S1	tipo S	tipo S	tipo S	desfavorable	tipo S	tipo S	tipo S	desfavorable
S2	tipo S	tipo S	tipo S	desfavorable	tipo S	tipo S	tipo S	desfavorable
S3	tipo S	tipo S	tipo S	desfavorable	tipo S	tipo S	tipo S	desfavorable
S4	tipo S	tipo S	tipo S	desfavorable	tipo S	tipo S	tipo S	desfavorable
S5	tipo S	tipo S	tipo S	desfavorable	tipo S	tipo S	tipo S	desfavorable
S6	tipo S	tipo S	tipo S	tipo C	tipo S	tipo S	tipo S	tipo C
S7	tipo C	tipo S	tipo S	desfavorable	tipo S	tipo S	tipo S	desfavorable
S8	tipo S	tipo S	tipo S	tipo C	tipo S	tipo S	tipo S	tipo C
S9	tipo C	tipo S	tipo S	desfavorable	desfavorable	tipo S	tipo S	desfavorable
S10	tipo C	tipo S	tipo S	desfavorable	tipo S	tipo S	tipo S	desfavorable

Tabla 9: Clasificación de las aguas superficiales del sistema Oja-Tirón en función de su calidad para la vida piscícola.

## 5. CONCLUSIONES

La principal causa de deterioro de calidad de las aguas superficiales de los ríos Oja y Tirón son los vertidos urbanos. En el río Tirón, además, existe un problema de la alta concentración de sulfatos, cuya causa hay que buscarla en la mina de sulfato cálcico que hay en la localidad de Cerezo de Riotirón (Burgos). Es por ello, que sus aguas se han clasificado como no aptas para la producción de agua potable, aunque la normativa actual autoriza su empleo para ese uso siempre que no existan aguas más aptas para el consumo.

Uno de los principales parámetros de deterioro de la calidad ha sido el amoníaco, cuya presencia en las aguas se debe a un proceso de degradación incompleta de la materia orgánica. Otros parámetros que han influido de forma negativa son detergentes, fenoles y coliformes fecales. Aunque el origen de la mayoría de estos compuestos puede ser variado, en este caso proceden de vertidos urbanos. La potabilización de estas aguas exige, en cada caso, la aplicación de diferentes grados de tratamiento, según la legislación vigente.

En el caso del agua del acuífero del Oja los compuestos químicos que degradan su calidad proceden, también, de los vertidos urbanos que se filtran desde el río a través del suelo. El deterioro de esta calidad aumenta a medida que nos alejamos de la ca-

cera del río. Otro factor importante a considerar es la presencia de nitratos procedentes de la agricultura intensiva que se practica en la zona. Este problema es especialmente importante en la margen derecha del río, debido a la existencia de pequeños acuíferos colgados de bajo caudal.

En cuanto a la aptitud de ambos ríos para la vida piscícola, es la concentración de nitritos la que determina unas condiciones no del todo óptimas para la reproducción de los peces. Estos nitritos provienen de una oxidación incompleta del amoníaco.

## 6. BIBLIOGRAFÍA

- Catalán Lafuente, J., Catalán Alonso, J.M. , 1987. *Ríos. Caracterización y calidad de sus aguas*. Ed. Dihidrox. Zamora. 264 págs.
- Consejería de Agricultura, Ganadería y Desarrollo Rural, 1997. *Estadística Agraria Regional, 1995*. Gobierno de La Rioja. 101 págs.
- García Ruíz, J.M., Martín Rauz, M.C., 1992. *El régimen de los ríos de La Rioja*. IER, Col. Ciencias de la Tierra (14), 1-69.
- Hernández Suárez, M., 1994. El concepto de calidad del agua. *Tecnología del agua*. (129), 49-53.
- IGME, 1987. Focos de contaminación y calidad química de las aguas subterráneas del acuífero cuaternario del río Oja (La Rioja). Documento inédito.
- León Zudaire, J.M., 1995. Estudio hidrogeológico sobre el acuífero del Oja. Documento inédito.
- Real Decreto 927/1988 de 29 de Julio. Reglamento de la Administración Pública del Agua y de la Planificación Hidrológica. B.O.E. nº209 de 31 de Agosto de 1988.
- Real Decreto 1138/1990 de 14 de septiembre. Reglamentación Técnico-Sanitaria para el abastecimiento y control de calidad de las aguas potables de consumo público. B.O.E. nº 226 de 20 de Septiembre de 1990.
- Zaldívar, C., 1994. Atlas de distribución de los peces de la Comunidad Autónoma de La Rioja. *Zubía*. (6), 71-102.

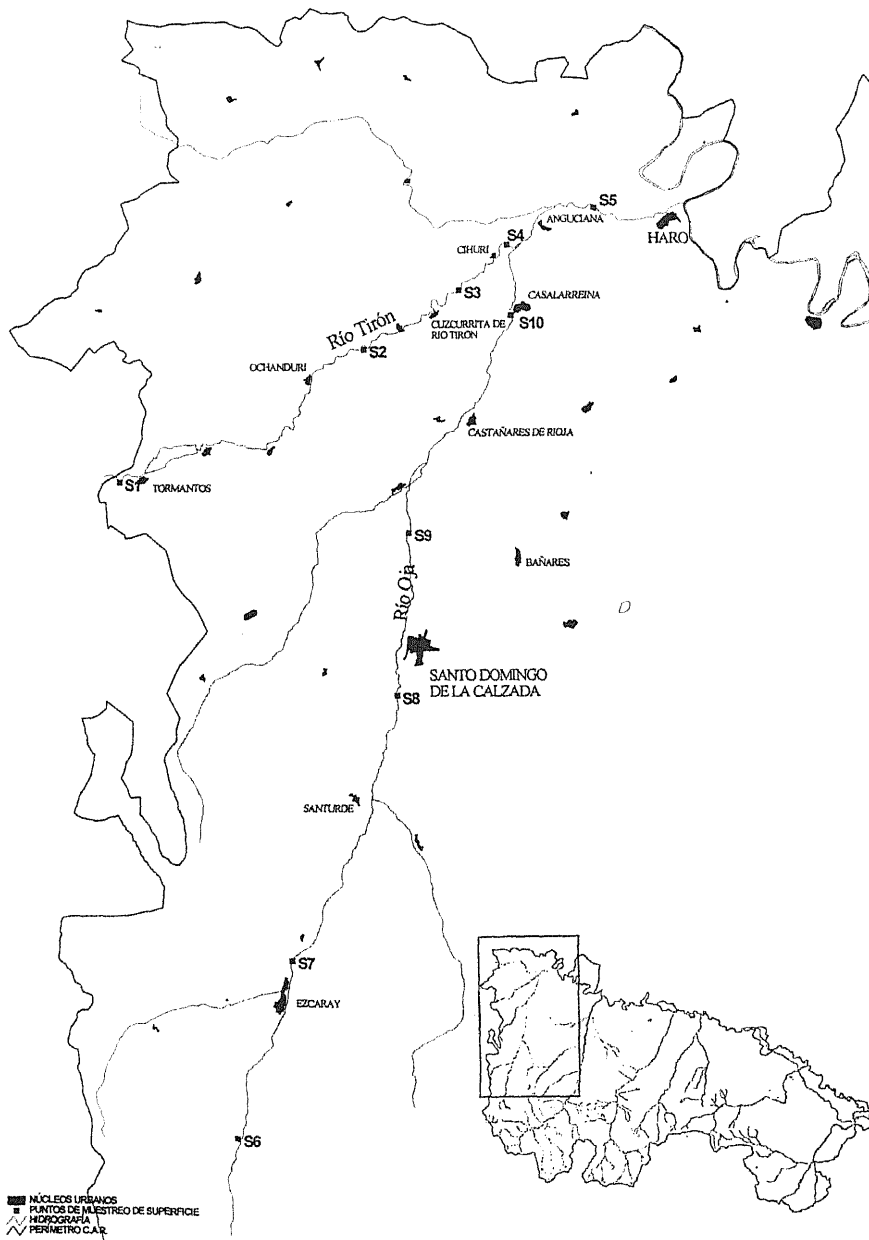


Figura 1: Localización de los puntos de muestreo de aguas superficiales.

## CALIDAD DE LAS AGUAS DEL SISTEMA OJA-TIRÓN

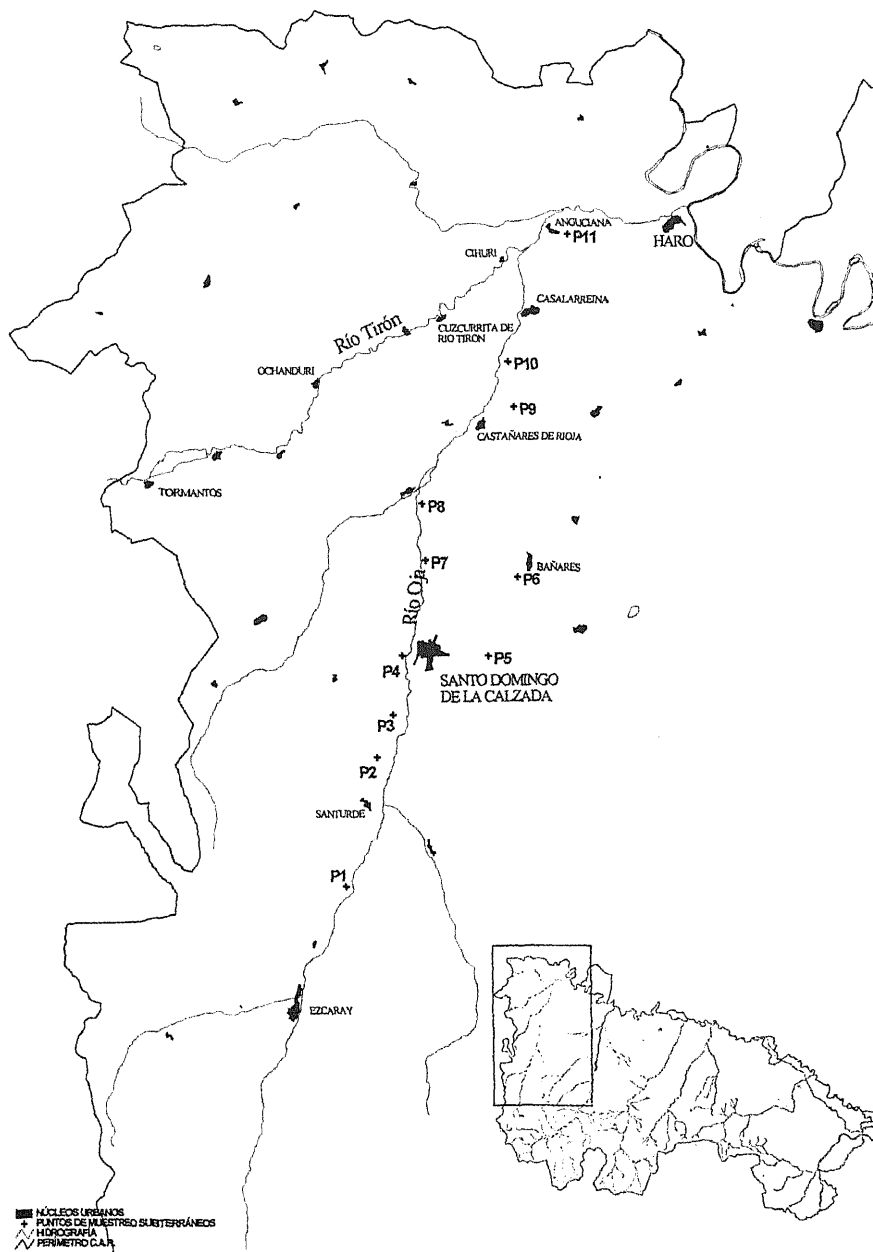


Figura 2: Localización de los puntos de muestreo de aguas subterráneas.