

CASTILLO, A.; ALBA-TERCEDOR, J.; CAPITÁN-VALLVEY, L.F.; CRUZ-PIZARRO, L. y RAMOS, A. (1991)

"Ejemplo de un estudio interdisciplinar para la caracterización integral de la calidad y contaminación de las aguas de una cuenca de superficie"

El Agua en Andalucía, II: 277-288

EJEMPLO DE UN ESTUDIO INTERDISCIPLINAR PARA LA CARACTERIZACION INTEGRAL DE LA CALIDAD Y CONTAMINACION DE LAS AGUAS DE UNA CUENCA DE SUPERFICIE

Castillo-Martín, A¹,; Alba-Tercedor, J²,; Capitán-Vallvey, L.F³,; Cruz-Pizarro, L⁴, y Ramos-Cormenzana, A⁴.

- 1 Dpto. de Geodinámica (Univ. Granada) e Insto. Andaluz de Geología Mediterránea (CSIC-Univ. Granada)
- 2 Dpto. de Biología Animal, Ecología y Genética e Insto. del Agua (Univ. Granada)
- 3 Dpto. de Química Analítica e Insto. del Agua (Univ. Granada)
- 4 Dpto. de Microbiología e Insto. del Agua (Univ. Granada)

RESUMEN

Se presenta un modelo de investigación multidisciplinar realizada para caracterizar la calidad y contaminación de las aguas de una cuenca de superficie. Se presta especial atención a la metodología de trabajo utilizada por los distintos equipos de investigación, al tiempo que se expone el alcance de los principales resultados obtenidos.

Palabras clave: Aguas superficiales, calidad, contaminación, hidroquímica, macroinvertebrados acuáticos, ecología de embalses, microbiología

ABSTRACT

This paper presents interdisciplinary research on superficial waters (quality and pollution) of a river basin, with special mention of the methodology of each discipline and brief account of the most relevant results.

Key words: Superficial waters, quality, pollution, hydrochemistry, aquatic macroinvertebrates, reservoir ecology, microbiology.

INTRODUCCION

A finales de 1987 se firmó un Contrato de Investigación entre la Dirección General de Obras Hidráulicas (del MOPU) y la Universidad de Granada, con la finalidad de realizar, en un periodo de tres años, un Proyecto de Investigación, de título: "Caracterización físico-químico-biológica del Alto Genil. Estudio integral de la calidad y contaminación de las aguas" (UNIV. GRANADA, 1990 a). Con la presente publicación se pretende dar a conocer, de forma general y resumida, la labor de conjunto realizada en el citado Proyecto, así como algunos de los resultados obtenidos; no obstante, ciertos aspectos preliminares y, sobretudo, de detalle de la investigación realizada han sido ya difundidos (CASTILLO-MARTIN y BENAVENTE, 1988; CASTILLO-MARTIN y LOPEZ-CHICANO, 1988; CASTILLO-MARTIN y LOPEZ-CHICANO, 1991; CONDE-PORCUNA, 1990; MADRID-VINUESA, 1990; MORALES-BAQUERO et al., 1991; PEREZ-MARTINEZ et al., 1990; SANCHEZ-CABALLERO et al., 1986...).

El estudio realizado se puede catalogar como una investigación multidisciplinar de caracterización integral de calidad y contaminación de aguas, semejante en su concepción y ejecución a la llevada a cabo en otros ríos y cuencas españolas (p. ej. ALBA-TERCEDOR et al., en prensa; PALAU y PALOMES, 1986; PRAT et al., 1983; UNIV. GRANADA 1990 b; ZAMORA y ALBA-TERCEDOR, 1991...).

El área investigada, que ocupa una superficie de 4.500 Km², pertenece en su mayor parte a la provincia de Granada, y corresponde a la cuenca vertiente a la cola del embalse de Iznájar, en la confluencia de río Frío con el río Genil (ver fig. 1); el área está drenada por el río Genil, que es el cauce principal, y por, al menos, 22 cauces tributarios de corriente prácticamente continua (12 de ellos afluentes por su margen derecha y los 10 restantes por la izquierda). Para abordar el estudio de la caracterización de la calidad y contaminación de las aguas superficiales de la cuenca se contó con la aportación de profesionales de muy diferente titulación y especialidad; éstos se encuadraron, a efectos de desarrollo del Proyecto, en cinco "áreas científico-técnicas" (o grupos de trabajo) diferentes; éstas fueron: hidrología y geología, química analítica, microbiología, macroinvertebrados acuáticos y ecología de embalses. Para ello se planificó y coordinó una investigación que implicó a 18 titulados superiores de la Universidad de Granada, entre geólogos, biólogos, químicos y farmacéuticos, pertenecientes a cuatro Departamentos y un Instituto universitario diferentes (Departamentos de Geodinámica, Química Analítica, Microbiología y Biología Animal, Ecología y Genética, e Instituto Andaluz de Geología Mediterránea).

En la fase de planificación de la investigación se eligió la red y periodicidad de los muestreos, así como la aportación y los parámetros a determinar por cada grupo de trabajo ("área

científico-técnica"). Para la caracterización de las aguas fluviales se seleccionó una red de 60 estaciones (fig. 1), repartidas a lo largo de 23 cauces diferentes, red que fue muestreada trimestralmente durante dos años (III-VI-IX-XII/88, II-VI-IX/89 y II/90); así pues, se dispuso de ocho caracterizaciones físico-químico-biológicas para cada estación de muestreo; ello supuso la realización de cerca de 450 inspecciones fluviales. Para la caracterización correspondiente a las aguas embalsadas se seleccionaron, para cada uno de los cuatro embalses existentes en la cuenca, en 1988 (Canales, Quéntar, Bermejales y Cubillas), tres secciones de muestreo (cola, mitad embalse y presa), con recogida de agua en cada una de ellas a cinco profundidades diferentes. En este caso, los muestreos fueron mensuales durante el primer año y bimensuales en el segundo.

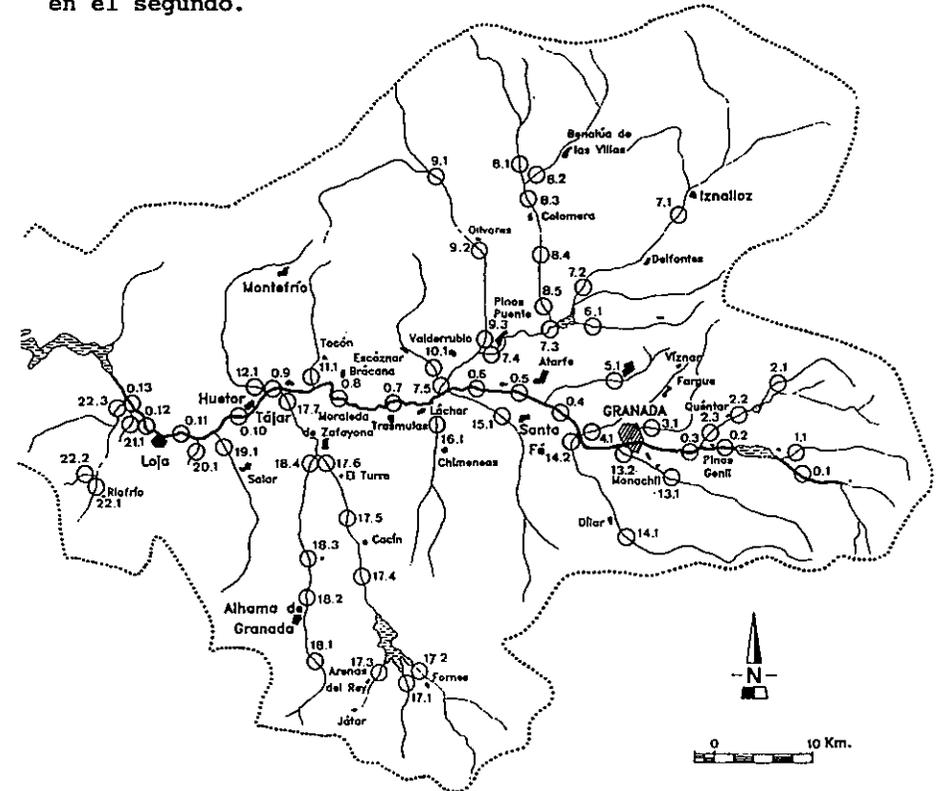


Fig. 1.- Cuenca hidrográfica estudiada, con localización (e identificación) de las estaciones muestreadas

Toda la información recolectada durante los dos años de estudio experimental se halla contenida en 10 volúmenes de anexos

de datos físico-químico-biológicos. Como compendio resumido de toda la información obtenida se preparó una memoria de síntesis (UNIV. GRANADA, 1990 a), actualmente inédita, en la que en siete capítulos (Introducción, Consideraciones y Conclusiones, Hidrología y Geología, Química Analítica, Microbiología, Macroinvertebrados acuáticos y Ecología de embalses), ilustrados con 33 mapas temáticos de la cuenca y cerca de 100 perfiles evolutivos, se condensa y deja constancia de los estados de calidad y contaminación de las aguas de la cuenca (para el periodo 1988-90).

METODOLOGIA

Como paso previo, a la planificación del Proyecto, se hizo una recopilación bibliográfica, bastante exhaustiva, relativa, tanto a las publicaciones científicas referentes a la calidad de las aguas de la cuenca, (escasas, parciales y locales), como a los datos foronómicos y de calidad de las aguas de la Confederación Hidrográfica del Guadalquivir. Los datos suministrados por la C.H.G., 10 series de aforos de los últimos 10 años, y 4 series analíticas (a nivel mensual) de los últimos 14 años, fueron de un gran valor, dada su componente evolutiva e histórica, a la hora de hacer el diagnóstico y la predicción futura del estado de calidad y contaminación de las aguas. También se solicitó información al Organismo de cuenca, y a otros, sobre la naturaleza, magnitud y localización de los puntos de vertido.

Una vez ilustrados preliminarmente sobre la situación de la cuenca, fue necesario proceder a planificar el desarrollo de la fase experimental. Para lograr una adecuada homogeneidad de los datos de calidad y contaminación de las aguas, a obtener por los cinco grupos de trabajos antes aludidos, fue necesario coordinar adecuadamente las campañas de toma de datos en campo. Al tiempo, esta coordinación tuvo que extenderse entre los equipos de campo y los de laboratorio, a fin de no rebasar la capacidad analítica y poder realizar en tiempo adecuado las determinaciones oportunas (especialmente las microbiológicas y algunas de las químicas).

Para los muestreos fluviales se diseñó un equipo de toma de muestras compuesto por, al menos, tres personas; dos de ellas, biólogos, tuvieron por misión efectuar la recolección de macroinvertebrados acuáticos, así como hacer la descripción del entorno biológico de las estaciones de muestreo. La tercera persona, generalmente geólogo, fue la encargada de hacer el aforo, efectuar las determinaciones "in situ" (Tª, pH y oxígeno disuelto), tomar las muestras química y microbiológica, y, por último, hacer las pertinentes observaciones sobre la hidrogeología local y la litología del cauce y su entorno. El tiempo consumido en cada estación fue función de varias variables, oscilando entre 15 minutos (para el caso de aguas abióticas) y 35 minutos. En cada jornada de campo se consiguió

muestrear una media de 7 estaciones, por lo que cada muestreo de la red completa (fig. 1) necesitó de ocho jornadas de campo.

Las jornadas de campo eran consecutivas (con un descanso dominical), y en cada una de ellas se intentaban muestrear los mismos cauces, siguiendo itinerarios de cabecera a desembocadura o viceversa. Se intentó elegir periodos exentos de precipitaciones, lo que se consiguió sorprendentemente en casi todas las jornadas de campo empleadas (64 jornadas en dos años). Como dato ilustrativo puede decirse que hubo de recurrirse a un vehículo todo-terreno, dada la inaccesibilidad de algunas estaciones, y recorrer un total aproximado de 1.600 Km por muestreo.

Para el caso del equipo de embalses, los muestreos se realizaron desde una embarcación neumática, transportada sobre un vehículo todo-terreno. En este caso el equipo lo formaban tres biólogos, encargados de la toma de datos "in situ" (Tª, pH, conductividad, visibilidad y extinción de luz), y de la toma de agua mediante el hidrocaptor correspondiente para la realización de las pertinentes determinaciones biológicas y de los análisis químico y microbiológico. En cada jornada de campo era normalmente posible muestrear un embalse, por lo que cada campaña de muestreo consumió 4 jornadas consecutivas.

A continuación se describen, someramente, las metodologías de trabajo utilizadas por cada grupo de trabajo, tanto en campo, como para la obtención de los datos en laboratorio:

Química analítica

Las muestras de agua de ríos fueron cogidas del centro de la corriente y a unos 20 cm de profundidad. Para las muestras de embalses se utilizó una botella tomamuestras. Las muestras fueron tomadas en varios envases, dependiendo del tipo de determinaciones a realizar y del tipo de agente conservante a añadir.

Todos los parámetros, a excepción de los determinados "in situ", se analizaron en laboratorio por el procedimiento señalado en el cuadro I, donde además se indica, en caso necesario, el método de preconcentración utilizado.

Se determinaron "in situ" la temperatura, pH y el oxígeno disuelto, todo ello con la ayuda de termómetros de mercurio Berman, y de sondas Hanna Instruments HI-1213 y HI-8543, respectivamente. Los instrumentos empleados para el resto de las determinaciones fueron los siguientes: espectrofotómetro UV-VIS Bausch & Lomb, mod. Spectronic 2000; espectrofotómetro de absorción atómica Perkin Elmer mod. 2380; cromatógrafo de gases Hewlett-Packard mod. 5860; conductímetro de laboratorio Radiometer CDM-3.

<u>Parámetro</u>	<u>Técnica</u>	<u>Método</u>
Sól. suspensión	G	Filt. membrana
Carbonatos y bicarbonatos	V	HCl
Cloruros	V	AgNO ₃
Sulfatos	T	BaSO ₄
Fosfatos	V	Azul de molibdeno
Sílice	E	Azul de molibdeno
Nitritos	E	Zambelli
Nitratos	E	Brucina
Amonio	E	Nessler
Calcio	EAA	Absorción
Magnesio	EAA	Absorción
Sodio	EAA	Emisión
Potasio	EAA	Emisión
Litio	EAA	Emisión
Boro	E	Azometina H
Hierro, cobre, manganeso,	EAA	Extrac. con APDC en MIBC
Cinc, plomo, níquel, cromo	EAA	Extrac. con APDC en MIBC
DQO	V	KMnO ₄
DBO ₅	P	Inc. 5 días a 20 °C
Aceites y grasas	G	Extrac. con Cl ₂ CH
Fenoles	E	4-aminoantipirina
Plaguicidas	HPLC	Preconc. en columna de SiO ₂ silanizado, DCE y DNP
Detergentes	E	Extrac. con azul de metileno

Cuadro I.- G: gravimetría; V: volumetría; T: turbidimetría; E: espectrofotometría; EAA: espectrofotometría de absorción atómica; P: potenciometría (electrodo de oxígeno); HPLC: cromatografía líquida de alta resolución.

Para la determinación de Fe (III), Cu (II), Mn (II), Zn (II), Pb (II), Ni (II) y Cr (III) se tomaron dos litros de agua, a los que se añadió 0,25 mg/l de HNO₃ conc.. Los análisis se realizaron en el transcurso del mes siguiente a la toma de las muestras. Para la determinación de amonio, nitrato y nitrito se tomó un volumen de agua de 250 ml, que se preservó con 10 mg/l de HgCl₂; los análisis se realizaron sin dilución. Los detergentes se analizaron sobre una muestra de un litro de agua, preservada con 20 mg/l de HgCl₂. Para la conservación de la muestra destinada al análisis de aceites y grasas se añadieron 6 ml de HCl conc. a los dos litros de agua tomados en este caso. Para la determinación de fenoles se tomaron 250 ml de agua, que se preservaron con H₃PO₄ hasta pH<4, y 1 g/l de CuSO₄ y se analizó inmediatamente. El resto de constituyentes analizados no se preservaron, siendo remitidos al laboratorio y analizados a la mayor brevedad posible. En todos los casos se emplearon

recipientes de polietileno de doble tapón y diferentes volúmenes (de 1 a 5 l), a excepción de fenoles y pesticidas, para los que se utilizaron de vidrio.

Microbiología

Con el fin de complementar la caracterización ecológica y sanitaria de los cauces considerados, se realizaron los pertinentes análisis microbiológicos. Las muestras se tomaron, al igual que para las determinaciones químicas, del centro de la corriente y a unos 20 cm de profundidad; en el caso de los embalses la toma se hizo con hidrocaptor; en todos los casos se recogieron por triplicado en frascos de vidrio estériles de 500 ml, conservándose en nevera portátil hasta el análisis, realizado siempre en el mismo día de la toma. En cada muestra se determinaron: bacterias aerobias (a 22 y 37 °C), coliformes totales y fecales, estreptococos fecales, flora total heterótrofa aerobia y bacterias oligocarbofilicas.

Para el recuento de bacterias heterótrofas aerobias se siguió la técnica de diseminación superficial de distintas diluciones de la muestra (hasta 1/100.000), descrita en los métodos standard de la A.P.H.A. (1985). Se utilizó como medio el PCA. La incubación se realizó a 22 y 37 °C, expresándose los resultados, a ambas temperaturas, por el número de unidades formadoras de colonias (UFC).

Para la determinación de coliformes se empleó la técnica del número más probable (NMP), de acuerdo con el método de la A.P.H.A. (1985). Se practicaron las técnicas presuntiva y confirmativa. La prueba presuntiva se consideró positiva por la formación de ácidos y gases a partir de la lactosa (a las 24 h, tras incubación a 37 °C). Cuando las series fueron negativas se confirmaron por una nueva incubación. Los recuentos de coliformes se expresaron como NMP de bacterias/100 ml.

La determinación de coliformes fecales se realizó en el medio EC, de acuerdo con los métodos de la A.P.H.A. (1985).

La determinación de enterococos se realizó por la técnica del NMP, empleando tres tubos por dilución en el medio de Azida-glucosa (Rothe), de acuerdo con los métodos de la A.P.H.A. (1985). Sin embargo, se utiliza la terminología de "grupo enterococo" en contra de lo expuesto en el mencionado manual, que se refiere a grupo de estreptococos fecales, por considerarlo más correcto bajo un punto de vista exclusivamente taxonómico. La confirmación de enterococos se realizó a partir de los tubos en los que apareció turbidez, diseminando en el medio de glucosa-fosfatos-azida-etilvioleta (Litsky), lo que nos parece más adecuado para caracterizar las colonias que el medio de esculina-azida-agar, aconsejado por la A.P.H.A. (1985).

El recuento de bacterias oligocarbofilicas se realizó en el

medio de cultivo denominado Agar R2A, que fue recomendado (REASONER & GELDREICH, 1985) para el recuento de bacterias de una amplia variedad de aguas tratadas y no tratadas; actualmente este medio de cultivo se ha propuesto en los métodos standard de la A.P.H.A. (1985). Se incubaron las placas, diseminadas en superficie a 20 °C durante siete días.

Macroinvertebrados acuáticos; calidad biológica

Simultáneamente con la medida "in situ" de parámetros físico-químicos y de la toma de agua para su posterior análisis químico y microbiológico, se procedió al muestreo de macroinvertebrados acuáticos, con el fin de caracterizar la distribución espacio-temporal de las correspondientes poblaciones, como índices bióticos integrados de la calidad de las aguas. Para ello, dos operadores, independientemente y de forma simultánea, muestrearon los diferentes microhabitats existentes, utilizando redes de 0,3 y 0,5 mm de malla, respectivamente. El método utilizado fue el llamado "Kick", consistente en remover los sustratos inmediatamente aguas arriba de la red, bien con la mano o con las botas, en el caso de aguas profundas. Para evitar que una vez capturados los organismos estos escaparan al colmatarse las redes, periódicamente el contenido de cada redada era depositado en bateas con agua.

El muestreo se continuaba hasta que nuevas capturas no aportaban nuevos taxones. En cualquier caso, el tiempo de muestreo empleado nunca fue inferior a 15 minutos. Los organismos capturados eran separados en el campo y conservados en alcohol del 70 %, para su posterior estudio en laboratorio.

Actualmente existen numerosos métodos que basándose en las comunidades de macroinvertebrados bentónicos calculan índices con un significado respecto de la calidad biológica de las aguas, algunos de los cuales han sido desarrollados con carácter regional. En el presente estudio se utilizó el índice B.M.W.P.', que fue desarrollado a partir del método publicado por ARMITAGE et al. (1983) y adaptado a nuestro país, en estudios realizados en la zona sur (ALBA-TERCEDOR y SANCHEZ-ORTEGA, 1988).

Ecología de embalses

Para el estudio de caracterización limnológica de los embalses se siguió una periodicidad de muestreo mensual durante el primer año y bimensual en el segundo. En cada embalse de los estudiados se establecieron tres estaciones de muestreo, situadas en la cola, a media distancia de la presa, y en las cercanías de ella, localizables por boyas lastradas.

Las muestras se obtuvieron de perfiles verticales realizados con una doble botella Van Dorn de 8 litros de capacidad, tomando agua a cinco profundidades (generalmente 0, 2, 5, 15 m y fondo). Temperatura, pH y conductividad se midieron "in situ" con un

autoanalizador ambiental Hidrolab, mod. 4041. Asimismo, se tomaron muestras para su análisis químico y microbiológico y se midió la visibilidad del disco de Secchi (20 cm de diámetro) y la extinción de luz hasta 10 m de profundidad mediante las lecturas de un luxómetro (Phywe, 07024) a intervalos de 1 m. También se hizo identificación y recuento de crustáceos y rotíferos, y se determinó la clorofila a y el índice de pigmentos (D_{430}/D_{665}).

Detalles más precisos sobre el recuento de organismos efectuado pueden encontrarse en CONDE-PORCUNA (1990), MORALES-BAQUERO et al. (1991) y PEREZ-MARTINEZ et al. (1990).

RESULTADOS Y DISCUSION

Los resultados obtenidos a lo largo de los dos años de estudio experimental han dado lugar a un vastísimo banco de información, imposible, dada su magnitud, de presentar y discutir en esta comunicación. No obstante, es posible, y quizás oportuno, perfilar la naturaleza y el alcance general de los principales resultados obtenidos. Para ello, a continuación se hace breve referencia a los resultados obtenidos por cada grupo de trabajo, los cuales están contenidos en la memoria de síntesis obtenida a raíz del Proyecto (UNIV. GRANADA, 1990 a).

Así, en lo que respecta a la caracterización físico-química de las aguas puede decirse que se efectuaron 34 determinaciones diferentes sobre un total de cerca de 450 muestras analizadas. De todas las determinaciones realizadas se seleccionaron algunas variables indicativas de la calidad de las aguas, para las que se confeccionó el correspondiente mapa de valores promedio para los cursos fluviales de la cuenca (para el periodo 1988-90). Estas variables fueron: conductividad, D.Q.O., nitratos, nitritos, amonio, N.T.I., aporte de N.T.I., fosfatos, detergentes, aceites y grasas, plaguicidas, plomo, níquel y cromo. Asimismo, y con la información suministrada por toda la analítica efectuada, se elaboró un índice cualitativo referente a la calidad físico-química general de las aguas, igualmente representado en su correspondiente mapa. De los valores obtenidos puede darse la siguiente visión general del estado de calidad de las aguas:

- "Aguas no contaminadas, o no alteradas de modo sensible", con calidad "buena", el 17 %
- "Aguas con contaminación moderada" y calidad "dudosa", el 19 %
- "Aguas contaminadas", con calidad "mala", el 44 %.
- "Aguas muy contaminadas", con calidad "crítica", el 20 % restante

Desde el punto de vista microbiológico, se hicieron un total de 7 determinaciones diferentes, sobre un total aproximado,

igualmente, de 450 muestras de agua. Como síntesis de los resultados obtenidos se elaboraron 5 mapas temáticos de valores medios; las determinaciones representadas fueron: coliformes/100 ml, enterococos/100 ml, bacterias aerobias a 22 °C/ml, idem a 37 °C y bacterias oligocarbófilas/ml. Para ilustrar sobre la calidad microbiológica general observada se elaboró un mapa de orientación de calidad, en el que se obtuvo la siguiente proporción de clases de aguas:

- "Aguas no contaminadas, o moderadamente contaminadas" de calidad "aceptable", el 42 %
- "Aguas contaminadas" de calidad "dudosa", el 36 %
- "Aguas muy contaminadas", de calidad "crítica", el 22 % restante

En la recolección de macroinvertebrados acuáticos se identificaron un total de 267 taxones, en base a los cuales se calcularon los correspondientes valores del índice de calidad biológica de las aguas B.M.W.Pl. Los resultados obtenidos se muestran en ocho mapas, uno por muestreo, para el referido índice. Al igual que en los casos anteriores, se realizó un mapa sobre la calidad biológica promedio de las aguas de la cuenca. La calidad biológica de las aguas obtenida se repartió de la siguiente forma:

- El 30 % de las estaciones de muestreo presentaron aguas contaminadas, con situaciones entre "críticas" y "muy críticas"
- El 53 % presentaron aguas contaminadas, con situaciones entre "aceptables" y "dudosas"
- Y el 17 % restante presentaron aguas sin contaminar, con una situación de buena calidad biológica

Resultado del contraste entre las calidades físico-químicas, microbiológicas y biológicas detectadas para cada una de las 60 estaciones de muestreo, fue la caracterización integral de estado de calidad y contaminación de cada una de ellas. En la mayor parte de los casos hubo correlación entre los tres tipos de calidad detectados, siendo, no obstante, significativos, y siempre muy ilustrativos, los casos de no coincidencia. Esta situación se dió con mayor frecuencia, dada las características de la dinámica fluvial y de los diferentes vertidos, dentro de cada uno de los ocho muestreos realizados.

Por último, en lo que respecta a los resultados obtenidos por el grupo de ecología de embalses, resaltar que se hace una discusión de los valores obtenidos para las siguientes variables: Tª, Luz, oxígeno disuelto, conductividad, pH, alcalinidad, nutrientes (N y P) y su relación con la dinámica espacio-temporal de la comunidad de zooplancton. Desde una perspectiva más globalizadora, los resultados obtenidos han permitido la cuantificación del estado trófico de los embalses, resultando patente una gradación trófica de los mismos que tiene en Quéntar

el nivel más bajo de eutrofia y a Cubillas el más elevado. De acuerdo con los criterios de la O.C.D.E. (1982), cabe calificar a Quéntar de oligotrófico, a Bermejales de mesotrófico, a Canales de eutrófico y a Cubillas de hipertrófico. Dada la trascendencia que en el abastecimiento de aguas potables a la ciudad de Granada tienen los embalses de Quéntar y Canales, se hace una discusión más detallada de los mismos, resaltando el carácter eutrófico de Canales (con ríos procedentes de Sierra Nevada), posiblemente debido a su reciente construcción y en fase aún no estabilizada. También se llama la atención sobre la baja de calidad de las aguas del embalse de Cubillas, de gran vocación para usos recreativos.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

ALBA-TERCEDOR, J. y SANCHEZ-ORTEGA, A. (1988). "Un método rápido y simple para evaluar la calidad biológica de las aguas corrientes, basado en el de HELLAWELL (1978)". *Limnética* 4: pp 51-56.

ALBA-TERCEDOR, J.; SANCHEZ-ORTEGA, A. y GUIASOLA, I. (en prensa). "Caracterización de los cursos permanentes de agua de la cuenca del río Adra. Factores físico-químicos, macroinvertebrados acuáticos y calidad de las aguas". En *Estudio del medio natural de la cuenca del río Adra*. LUCDEME-ICONA.

A.P.H.A. (1985). "Standard methods for the examination of water and wastewater". 16 th ed., American Public Health Association. New York.

ARMITAGE, P.B.; MOSS, D.; WRIGHT, J.F. & FURSE, M.T. (1983). "The performance of a new biological water quality score system based on macroinvertebrates over a wide range of unpolluted running-water". *Water Res.* 17 (3): pp 333-347.

CASTILLO-MARTIN, A. y BENAVENTE, J. (1988). "Consideraciones sobre la tendencia evolutiva del quimismo del río Genil (Sierra Nevada-Iznájar)". *II Congreso Geológico de España* (2): pp 363-366. Granada.

CASTILLO-MARTIN, A. y LOPEZ-CHICANO, M. (1988). "Consideraciones acerca de las relaciones existentes entre las aguas superficiales y subterráneas en la cuenca del Alto Genil". *II Congreso Geológico de España* (2): pp 367-370. Granada.

CASTILLO-MARTIN, A. y LOPEZ-CHICANO, M. (1991). "Estudio de las relaciones caudal-conductividad-total de sólidos disueltos en algunos ríos de la provincia de Granada". *El Agua en Andalucía* (III). Córdoba.

CONDE-PORCUNA, J.M. (1990). "Consideraciones sobre la dinámica

de las poblaciones zooplanctónicas de tres embalses de la cuenca del Alto Genil (Granada)". Tesis Licenc. Univ. Granada (inédita).

MADRID-VINUESA, F. (1990). "Factores físico-químicos y comunidades de macroinvertebrados de la cabecera del río Genil (Sierra Nevada), aguas arriba de Granada. Estudio de la calidad biológica de sus aguas". Tesis Licenc. Univ. Granada (inédita). 198 pág.

MORALES-BAQUERO, R.; CONDE-PORCUNA, J.M.; PEREZ-MARTINEZ, C. y CRUZ-PIZARRO, L. (1991). "Vertical light attenuation in four reservoirs of Genil river (Granada, Spain)". Proc. Internat. Congr. on Large Dams. ICOLD, 91 (en prensa).

O.C.D.E. (1982). "Eutrophisation des eaux. Méthodes de surveillance, d'évaluation et de lutte". O.C.D.E. París.

PALAU, A. y PALOMES, A. (1986). "Diagnóstico físico-químico y biológico del río Segre". Serv. Public. E.T.S.I.A. de Lérida. 259 pág. Lérida.

PEREZ-MARTINEZ, C.; MORALES-BAQUERO, R. y SANCHEZ-CASTILLO, P. (1990). "The effect of the volume decreasing on the trophic status in four reservoir from Southern Spain". Veh. Internat. Ver. Limnol. 24: pp 2.940-2.944.

PRAT, N.; PUIG, M.A. y GONZALEZ, G. (1983). "Predicció i control de la qualitat de les aigües dels rins Besós y Llobregat". T. I y II. Diputació de Barcelona.

REASONER, D.J. & GELDREICH, E.E. (1985). "A new medium for the enumeration and subculture of Bacteria from potable water". Applied and Environmental Microbiology, 49: pp 1-7.

SANCHEZ-CABALLERO, M.A.; FERNANDEZ-GUTIERREZ, A. y CASTILLO-MARTIN, A. (1986). "Caracterización físico-química preliminar de las aguas superficiales de la cuenca del Alto Genil". El Agua en Andalucía (II): pp 511-521. Granada.

UNIV. GRANADA (1990 a). "Caracterización físico-químico-biológica de las aguas del Alto Genil; estudio integral de la calidad y contaminación de las aguas". Dirección General de Obras Hidráulicas del M.O.P.U. (doc. inédito). 278 pág.

UNIV. GRANADA (1990 b). "Estudio de las condiciones ecológicas, sanitarias, químicas y de calidad de las aguas de la cuenca media-alta del río Guadalquivir". Dirección General de Obras Hidráulicas del M.O.P.U. (doc. inédito). 428 pág.

ZAMORA-MUÑOZ, C. y ALBA-TERCEDOR, J. (1991). "Caracterización y calidad de las aguas del río Monachil (Sierra Nevada, Granada). Factores físico-químicos y comunidades de macroinvertebrados acuáticos". A.M.A. Granada.