

Estudio de la calidad de las aguas superficiales en los espacios naturales del sur de las provincias de Salamanca y Ávila.

Aplicaciones del índice ISQA

*Study of fresh waters quality in the natural site of the southern Salamanca and Ávila provinces (Spain).
Application of the ISQA index.*

I. de Bustamante ⁽¹⁾, J.M. Sanz ⁽²⁾, J.L. Goy ⁽²⁾, F.M. González-Hernández ⁽²⁾, J.L. Encabo ⁽³⁾, J. Mateos ⁽²⁾

⁽¹⁾ Dpto. Geología. Edificio Ciencias. Campus Universitario. Universidad de Alcalá. 28871 Alcalá de Henares. irene.bustamante@uah.es

⁽²⁾ Dpto. Geología. Fac. Ciencias. Univ. de Salamanca. Pz. De la Merced s/n. 37008 Salamanca. Joselgoy@gugu.usal.es; fmgh@gugu.usal.es

⁽³⁾ Dpto. Química Analítica. Edificio Ciencias. Campus Universitario. Universidad de Alcalá. 28871 Alcalá de Henares

ABSTRACT

The aim of this paper deals with the study of the surface waters quality in the northwestern "Sistema Central" Range (Spain), in two different periods, spring and summer. The area is characterized by the existence of natural environments of great interest (western area of the Regional Park of "Sierra de Gredos", Natural Parks of "Las Batuecas" and "Candelario" and the Protected Landscape of "El Rebollar"). The quality of the surface waters has been determined using the simplified index of water quality (ISQA). An hydrological mapping has been carried out having into account the ISQA values for these two seasons. The observed seasonal variability is mainly due to the variation of flows and the concentration of the chemical species in the water.

Key words: water quality, surface waters, quality index

Geogaceta, 31 (2002), 103-106

ISSN:0213683X

Introducción

La zona de estudio abarca todo el Sur de la provincia de Salamanca (fig. 1) y una pequeña parte del SO de la provincia de Ávila, incluyendo las hojas del Mapa Topográfico Nacional a escala 1:50.000 siguientes: 526 (Serradilla del Arroyo), 527 (Tamames), 550 (Fuenteguinaldo), 551 (Martiago), 552 (Miranda del Castañar), 553 (Béjar), 573 (Gata) y 576 (Cabezuela del Valle). Esta zona se caracteriza por la presencia de espacios naturales de gran interés (zona occidental del Parque Regional de la Sierra de Gredos, Parques Naturales de Las Batuecas y Candelario y el Paisaje Protegido de El Rebollar).

Desde el punto de vista geológico este sector se encuadra en la parte central del Macizo Hercínico, justo en su contacto con una de las cuencas cenozoicas más importantes de la península, la Cuenca del Duero (fig. 1). En el área de estudio, el Macizo Hercínico está constituido por materiales metasedimentarios de edad desde precámbricos a silúricos que incluyen litologías variadas de pelitas, arenis-

cas, cuarcitas, calizas y pizarras. También aparecen dos conjuntos de rocas ígneas de origen hercínico en los extremos oriental y occidental del área de estudio. Por su parte, la Cuenca del Duero, representada en este sector por la Fosa de Ciudad Rodrigo, está rellena por dos conjuntos sedimentarios de carácter detrítico. El primero es de edad paleógena y el segundo que forma el techo del relleno, de edad neógena, morfológicamente se encuentra coronado por un sistema de plataformas (rañas), que presentan dos o tres niveles de encajamiento.

Desde el punto de vista geomorfológico se diferencian tres grandes unidades morfoestructurales que caracterizan el área estudiada: la sierra, el piedemonte y la Fosa de Ciudad Rodrigo. La sierra corresponde a las estribaciones más occidentales del Sistema Central que se encuentra estructurado mediante un conjunto de sierras consecutivas, que en el área estudiada y de Este a Oeste son: la Sierra de Gredos, la de Francia y la de Gata. El eje de las mismas constituye el límite sur de la provincia de Salamanca con la de Cáceres. El piedemonte septentrional

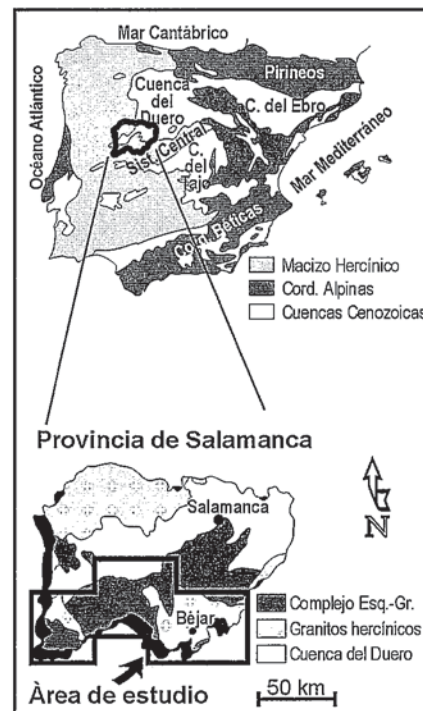


Fig. 1.- Contexto geológico de la zona estudiada.

Fig. 1.- Geological scheme of the studied area

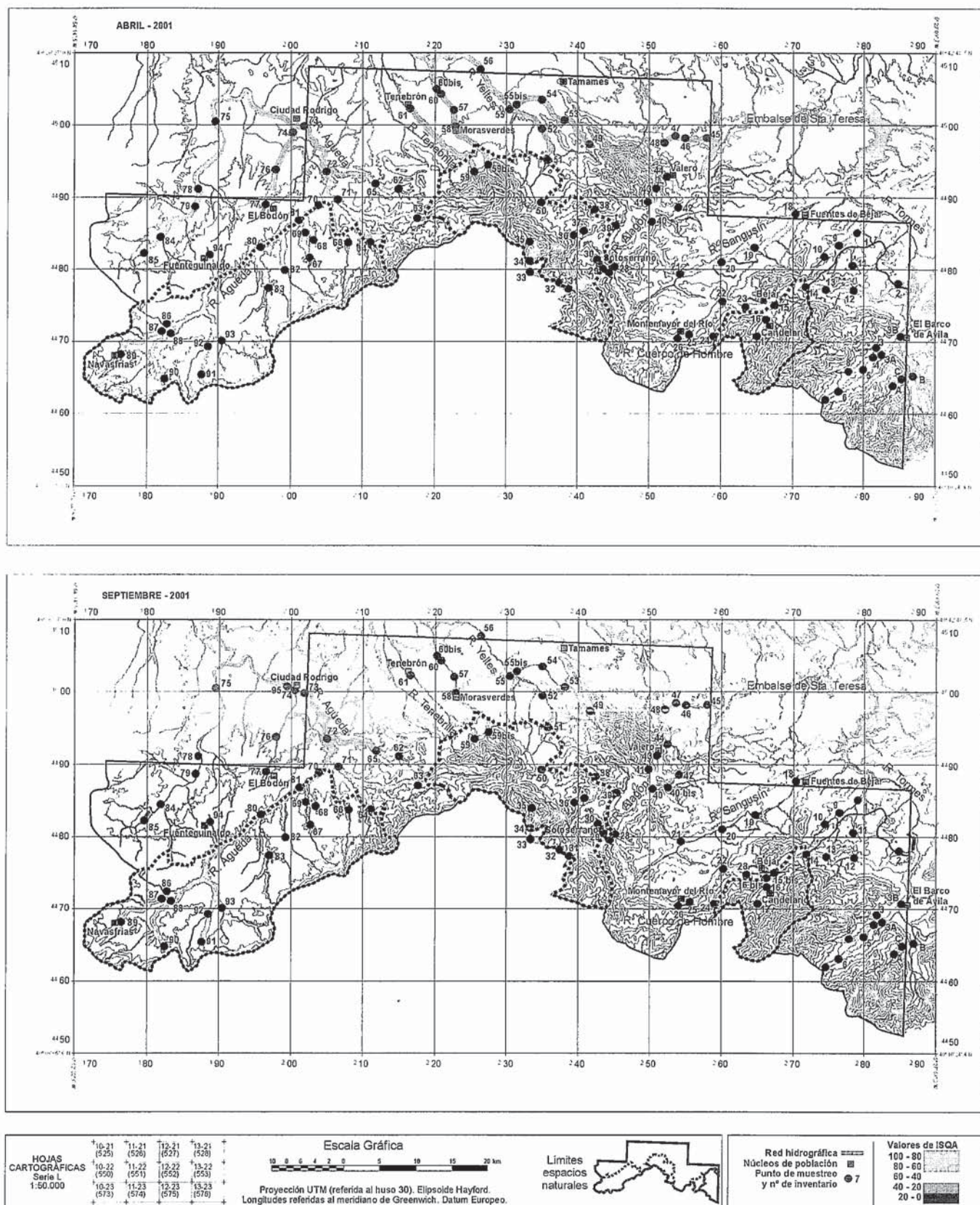


Fig. 2.- Estado de la calidad de los ríos en la vertiente NW del Sistema Central (situación de primavera y verano)

Fig. 2.- Rivers quality in the NW of Sistema Central in Spain (spring and summer)

Tabla 1.- Datos analíticos y valor del índice de calidad simplificado de las aguas (ISQA) de los ríos de la vertiente NW del Sistema Central (situación de primavera y verano)

Table 1.- Analysis values and surface waters quality index for the rivers of the NW side of Sistema Central Range (Spain). Spring and summer

Abril-2001										Septiembre-2001										
N° muestra	T °C	DOO mg/L	O2 mg/L	Ms mg/L	σ μS/cm	ISQUA	N° muestra	T °C	DOO mg/L	O2 mg/L	Ms mg/L	σ μS/cm	ISQUA	N° muestra	T °C	DOO mg/L	O2 mg/L	Ms mg/L	σ μS/cm	ISQUA
A	13,5	5,06	9,0	8,10	8,1	89,4	A	15,1	24,96	8,5	0,00	13,8	78,0	A	18,9	43,29	8,0	0,00	35,2	70,2
B	13,6	15,03	9,1	0,00	7,3	83,0	B	16,3	37,44	5,1	0,00	37,6	65,4	B	17,3	21,20	9,0	39,25	38,7	74,6
C	13,6	8,13	9,0	0,00	8,9	86,8	C	16,3	37,44	5,1	0,00	37,6	65,4	C	20,1	64,93	8,8	0,75	99,0	65,9
1	11,6	161,76	9,2	33,00	100,0	62,1	1	11,6	161,76	9,2	33,00	100,0	62,1	1	11,2	8,00	9,4	0,00	28,5	88,0
2	13,2	148,08	9,6	10,00	42,7	66,5	2	13,2	148,08	9,6	10,00	42,7	66,5	2	13,7	112,00	7,8	23,00	132,6	60,3
3	13,3	19,31	9,4	7,33	14,5	81,1	3	13,3	19,31	9,4	7,33	14,5	81,1	3	18,4	79,22	4,9	12,75	475,0	48,1
3A	12,3	43,03	9,7	0,00	13,1	74,4	3A	21,3	95,68	7,9	4,50	30,5	62,3	3A	19,9	32,00	9,3	4,00	33,7	76,9
3B	12,5	38,07	9,6	0,00	14,2	75,9	3B	19,9	91,52	8,1	7,00	37,7	63,4	3B	14,3	16,00	7,8	31,00	27,5	74,9
4	12,0	25,73	9,7	0,00	12,2	80,6	4	16,8	20,80	8,7	4,00	21,0	79,4	4	19,4	16,00	8,5	29,6	80,2	71
5	13,0	15,78	9,3	5,33	13,8	82,4	5	14,3	12,48	7,9	5,50	25,8	80,2	5	23,3	49,35	9,4	4,00	37,2	87,9
6	12,0	14,63	9,0	0,00	13,0	83,0	6	16,3	16,64	9,0	2,00	25,8	81,9	6	20,7	96,10	6,0	37,50	426,0	48,3
7	11,6	12,68	9,1	0,00	14,8	83,9	7	15,8	45,76	6,7	7,00	17,7	65,2	7	24,0	62,34	11,8	10,50	84,3	65,0
8	12,6	0,00	9,2	2,25	7,1	96,7	8	15,8	4,16	8,0	9,50	10,1	87,8	8	13,3	88,50	9,8	0,00	89,0	68,5
9	10,9	177,10	8,4	9,00	94,1	63,9	9	10,9	177,10	8,4	9,00	94,1	63,9	9	14,2	233,40	10,4	34,50	159,5	64,8
10	10,3	64,40	8,3	9,00	10,3	63,6	10	10,3	64,40	8,3	9,00	10,3	63,6	10	14,0	136,00	7,6	4,50	142,6	62,6
11	11,3	172,40	3,3	12,50	311,0	48,1	11	11,3	172,40	3,3	12,50	311,0	48,1	11	13,6	16,00	7,8	31,00	27,5	74,9
12	10,7	96,60	9,2	5,00	43,8	66,3	12	20,7	120,64	7,2	6,50	76,3	60,8	12	22,5	19,00	8,3	3,25	34,7	76,7
13	11,5	24,10	8,8	15,50	48,3	76,7	13	18,5	49,76	0,5	15,00	128,6	44,0	13	25,4	23,38	10,9	7,50	36,2	76,5
14	9,8	59,60	8,7	4,50	21,3	65,3	14	15,5	33,12	7,5	10,00	27,8	61,5	14	23,3	49,35	9,4	4,00	37,2	87,9
15	11,0	28,20	8,8	11,00	48,3	76,0	15	11,0	28,20	8,8	11,00	48,3	76,0	15	20,7	96,10	6,0	37,50	426,0	48,3
15 bis	NO INVENTARIADO																			
16	9,3	19,30	9,2	3,50	13,1	81,1	16	13,3	28,80	9,3	3,50	14,5	78,0	16	24,0	62,34	11,8	10,50	84,3	65,0
16 bis	NO INVENTARIADO																			
17	7,8	8,10	9,3	0,00	9,6	87,6	17	14,2	8,32	9,3	0,00	14,7	87,4	17	26,0	134,20	8,6	0,00	95,7	60,7
18	13,8	137,40	8,0	10,00	88,3	62,7	18	16,0	154,60	11,1	9,50	149,8	68,6	18	20,0	19,05	10,3	3,00	37,0	84,0
19	16,0	154,60	11,1	9,50	149,8	68,6	19	13,5	237,40	9,8	11,50	153,1	66,8	19	24,0	40,69	10,0	6,25	60,0	71,3
20	13,5	237,40	9,8	11,50	153,1	66,8	20	13,9	169,00	11,3	7,80	136,8	68,8	20	13,6	80,00	9,5	0,00	47,2	67,8
21	13,9	169,00	11,3	7,80	136,8	68,8	21	11,6	128,80	9,1	9,50	65,6	65,4	21	13,4	40,00	9,5	6,50	22,8	74,0
22	11,2	88,50	9,6	10,30	51,5	66,5	22	11,2	88,50	9,6	10,30	51,5	66,5	22	12,5	40,20	10,2	3,50	47,3	76,1
23	11,6	128,80	9,1	9,50	65,6	65,4	23	17,1	165,36	7,5	8,50	100,5	61,7	23	18,0	11,32	9,8	0,00	40,0	80,3
23 bis	NO INVENTARIADO																			
24	11,6	36,20	9,2	6,50	24,1	74,7	24	15,6	38,16	6,0	18,00	44,5	64,6	24	21,5	35,20	9,3	2,00	31,9	74,5
25	11,4	60,40	10,2	0,00	46,7	69,5	25	16,4	93,28	7,5	8,50	99,8	61,7	25	17,7	13,20	9,2	0,00	34,8	83,9
26	9,2	92,60	11,6	5,50	46,9	69,2	26	16,9	106,00	6,8	16,50	98,2	58,8	26	15,2	22,00	8,8	0,00	17,0	79,8
27	12,5	100,60	12,4	0,50	63,9	69,9	27	25,1	39,92	8,6	9,50	94,4	60,2	27	21,7	26,40	7,3	1,50	42,8	72,8
28	12,5	50,70	12,4	0,00	37,5	73,3	28	21,8	61,76	8,6	5,25	92,1	63,5	28	19,5	17,60	8,6	0,00	17,0	80,9
29	15,9	100,60	10,2	1,50	87,0	69,3	29	20,1	127,20	6,7	1,05	132,0	66,3	29	21,5	17,60	8,6	0,00	17,0	80,9
30	12,5	50,70	12,4	0,00	37,5	73,3	30	21,8	61,76	8,6	5,25	92,1	63,5	30	24,5	30,80	8,4	3,75	88,5	70,9

de esta gran unidad morfoestructural presenta unas características morfológicas que varían en cada una de las sierras anteriormente citadas. En general corresponden a extensos arrasamientos del zócalo pre-terciario que desaparecen bajo los sedimentos terrígenos del borde SO de la Cuenca del Duero, que es la tercera gran unidad presente.

La configuración morfoestructural que se observa actualmente en todo este sector, según un conjunto de horsts y grabens, se debe a la orogenia Alpina y da lugar a la fracturación del basamento granítico y metamórfico en bloques, con una reactivación de la fracturación hercínica o tardihercínica.

La mayor parte del drenaje de la zona pertenece a la cuenca hidrográfica del Duero excepto una parte de la zona más oriental que pertenece a la cuenca hidrográfica del Tajo.

Metodología

El término "calidad del agua" se refiere a aquellas características físicas, químicas y biológicas que definen la composición de la misma. Es por esto que la calidad de un agua puede ser definida según muchos criterios, pero todos se basan en la concentración de sustancias específicas que causan efectos identificables, por lo que en definitiva, ésta se define en función de determinaciones analíticas de diferentes variables. El número de variables puede llegar a ser tan grande que en la práctica sea imposible manejarlas, por lo que para estudios generales de calidad se suelen emplear índices empíricos, que combinan los valores de varios parámetros en un único indicador numérico, considerando la importancia relativa de cada parámetro y su concentración (Mingo Magro, 1982).

La calidad de las aguas superficiales se ha determinado empleando el Índice Simplificado de Calidad del Agua (ISQA), que es un número adimensional que permite operar con muy pocos parámetros analíticos y a la vez ofrece garantía en los resultados (Generalitat, 1984; Cubillo, 1986). Este índice está definido solamente por cinco parámetros, y su expresión es:

$$ISQA = T(A+B+C+D)$$

en donde:

T, es función de la temperatura del agua del río medida en °C. Su valor asignado varía entre 0,8 y 1.

A, es función de la oxidabilidad y corresponde al oxígeno consumido en una oxidación con MnO_4K en ebullición y medio ácido. Incluye el contenido orgánico, tanto si es natural como si no lo es. Varía entre 0 y 30.

B, es función de la materia en suspensión que puede separarse por filtración. Este parámetro incluye polución orgánica, inorgánica, industrial y/o urbana. Tiene mucha influencia en la fotosíntesis. Varía entre 0 y 25.

C, es función del oxígeno disuelto en el agua. Su concentración está en relación con la oxibilidad y con el contenido de materia orgánica biodegradable. Varía entre 0 y 25.

D, es función de la conductividad eléctrica. Mide la concentración de sales inorgánicas. Varía entre 0 y 20.

El rango de valores de este índice va de 0 para valores pésimos hasta 100 para valores óptimos.

Se han realizado dos campañas de toma de muestras de agua, en los meses de abril y septiembre de 2001, tomándose muestras simples en las que se determinaron temperatura, oxígeno disuelto y conductividad (in situ) y demanda química de oxígeno (DQO) y sólidos en suspensión (en laboratorio), calculándose posteriormente el ISQA (de Bustamante, 1989).

Resultados

En la campaña correspondiente al mes de abril (período húmedo), se seleccionaron 103 puntos de agua, obteniéndose valores de ISQA que oscilaban entre 48 (Arroyo del Villar, aguas abajo de Medinilla, pto. 11) y 100 (curso alto del río Morasverdes, pto. 59 bis), con un valor medio de 89, lo que indica que la calidad de las aguas superficiales en la zona y en el momento del muestreo es buena, salvo en algunos puntos con vertidos próximos (tabla 1). Esta bondad de la calidad se debe a que el muestreo se ha efectuado en primavera y a la circunstancia de que este año ha sido especialmente húmedo, lo que incide en la dilución de las cargas contaminantes vertidas a los cauces.

En la campaña correspondiente al mes de septiembre, se seleccionaron 107 puntos de muestreo (los 103 ante-

riores y cuatro mas), aunque sólo se muestrearon 74, ya que 33 de los puntos seleccionados estaban secos (tabla 1). Los valores que se han obtenido para el ISQA oscilan entre 6 (Río Frío en Béjar, aguas debajo de un vertido industrial, pto. 15 bis) y 96 (nacimiento del río Payo, pto. 89), con un valor promedio de 74. El empeoramiento en esta fecha se debe a la disminución de los caudales y a la presión demográfica producida por el período estival.

En la figura 2 aparecen los mapas de calidad correspondientes a las dos campañas y en ellos se puede observar la calidad de los ríos por tramos, así como los tramos que estaban secos en el mes de septiembre (zonas con puntos inventariados y en las que no se ha podido determinar la calidad). En esta figura se puede comparar la diferencia de calidad entre las dos campañas, observándose como la calidad es mucho mejor en primavera que en verano, y como la calidad empeora a medida que descendemos en los cursos fluviales o cuando estos atraviesan núcleos urbanos, recuperándose aguas abajo de los mismos por autodepuración del río.

El uso de este índice es de gran interés ya que permite obtener resultados fiables de una forma rápida y económica, muy adecuado para su aplicación, tanto en las áreas rurales de escasos recursos como en la gestión de espacios protegidos.

Es, por tanto, una herramienta útil para conocer el estado de la calidad de las aguas e identificar fuentes de contaminación, que facilita encauzar los posteriores estudios específicos de identificación de problemas y las actuaciones que conlleven.

Agradecimientos

Trabajo financiado con el Proyecto FEDER-CICYT 1FD97-0222.

Referencias

- Cubillo, F., (1986): *Situación actual de la calidad de las aguas en los ríos de la Comunidad de Madrid*, 9, Comunidad de Madrid. DGRH.
- De Bustamante, I. (1989): *Henares*, *Rev. Geol.*, 3, 25-36.
- Generalitat (1984): *Report*. DPTOP.
- Mingo Magro, J. (1982): *Serv. Pub. MOPU*