

## CONTAMINACION DEL RIO BERMUDEZ, ALAJUELA<sup>1</sup> \*

Arturo Cordero\*\*, Bernardo Chacón\*\*\* y  
Alexis Rodríguez\*\*\*

### ABSTRACT

**Pollution of the Bermudez River, Alajuela.** This study was conducted to evaluate pollution in the Río Bermúdez of Alajuela, Costa Rica. The water from the river is used for the disposal of domestic and industrial wastewaters, as well as for the irrigation of tomato, corn, beans, onions and sweet potato plantations.

A high contamination with non-degraded organic matter was found, related with the extermination of fish life and a notorious impact on the scenic value of the land. Salt (up to 890  $\mu\text{mhos/cm}$ ) and total solid (up to 1982 mg/l) concentrations bring this water inadequate for irrigation purposes. The pH (9.0) and synthetic detergent (ABS) (1.4 mg/l) values in various sections of the river are higher than those accepted in waters used for agricultural purposes.

### INTRODUCCION

El deterioro de la calidad del agua en sus diferentes cuerpos receptores es consecuencia directa del vertido, sin previo tratamiento, de las aguas municipales, agrícolas e industriales. La naturaleza de éstas y sus efectos sobre el agua del cuerpo receptor, varían dependiendo del origen, concentración y volúmenes descargados, así como de las características de los propios cuerpos de agua.

Las principales fuentes de contaminación pueden clasificarse como urbanas, industriales, agrícolas y naturales (6). Los contaminantes que se en-

cuentran en las aguas residuales se clasifican como: sustancias orgánicas, sustancias inorgánicas, calor, organismos microbianos y sustancias radioactivas (2).

En cuanto a la naturaleza de las sustancias contaminantes, se distinguen tres tipos: sustancias disociables, como la materia orgánica; sustancias no disociables, aquellas que no son degregadas por los seres vivos acuáticos ni sufren mayor cambio al penetrar en alguna corriente, por lo que ésta no se purifica de ellas y sustancias persistentes como los pesticidas y fenoles resultantes de la destilación del petróleo.

Los principales efectos del primer tipo de sustancias son la disminución del oxígeno disuelto en las corrientes o cuerpos de agua, la proliferación bacteriana con el consecuente aumento en la capacidad de transmisión de enfermedades, el crecimiento excesivo de algas y la destrucción de la fauna ictiológica.

---

1 Recibido para su publicación el 20 de febrero de 1979

\* Parte de la tesis de grado presentada por el primer autor a la Escuela de Economía Agrícola, Universidad de Costa Rica.

\*\* Banco Central, San José, Costa Rica.

\*\*\* Escuela de Química, Universidad de Costa Rica, San José, Costa Rica.

Dentro del segundo tipo de sustancias contaminantes se encuentran sustancias inorgánicas tales como coloidal inorgánica producto de la erosión del suelo, sal común y sales de metales pesados. Los principales efectos de este tipo de contaminación son la toxicidad para los humanos y animales, gusto desagradable y dureza.

El tercer tipo de sustancias provoca efectos adversos en la actividad biológica de los organismos acuáticos, como la disminución del poder reproductor, toxicidad y probable biomagnificación de algunas de estas sustancias en las redes alimentarias (7).

En el Río Bermúdez, en la zona de San Rafael de Alajuela, Costa Rica, se ha presentado un problema de contaminación industrial. Este río se utiliza para la irrigación de cultivos de tomate, maíz, frijol, cebolla y camote, cultivos muy susceptibles a las aguas contaminadas.

El objetivo del presente estudio es cuantificar, mediante análisis físico-químico de las aguas, el grado de contaminación que presenta el Río Bermúdez que hacer consideraciones técnicas respecto al efecto que el problema causa en la agricultura de la zona.

## MATERIALES Y METODOS

De acuerdo con las características de los cultivos de la zona del Río Bermúdez y de las fuentes de contaminación que lo afectan, se seleccionaron los parámetros físico-químico a analizar para identificar el problema. Se consideró de importancia cuantificar la temperatura ambiente, la temperatura del agua, el pH, la conductividad, la demanda bioquímica de oxígeno (DBO), el oxígeno disuelto (OD), la demanda química de oxígeno (DQO), los nitratos, los nitritos, los ortofosfatos, las grasas y aceites, los detergentes (ABS) y los sólidos (disueltos, suspendidos y totales).

El pH se determinó usando un potenciómetro de campo Beckman Pocket. Para la medida de la conductividad se empleó un conductímetro Hach modelo 16300. El OD y el DBO se cuantificaron siguiendo las modificaciones al método de Winkler

(4). Para la determinación de nitratos, nitritos, sólidos, aceites y grasas se empleó la técnica propuesta por la Sub-secretaría de Recursos Hidráulicos (6); para la determinación de ortofosfatos y ABS, se emplearon los métodos del Standard Methods número 425E y 512A respectivamente (1).

Considerando la ubicación de la fuente de contaminación, se seleccionaron tres puntos de muestreo, el primero (B1) aguas arriba de las descargas de las fuentes contaminantes, el segundo (B2) inmediatamente después de las mismas y el tercero (B3) antes de la desembocadura del Río Bermúdez al Río Virilla (Fig 1). El muestreo se efectuó durante los meses de abril y mayo de 1977 con una frecuencia de una vez por semana, variándose sistemáticamente el día y la hora (mañana y tarde).

## RESULTADOS Y DISCUSION

En el Cuadro 1 se presentan los promedios de los resultados obtenidos para cada parámetro y en cada punto.

Los valores de DBO encontrados muestran un aumento considerable entre los puntos B1 y B2, pasando de un valor de 5 mg/l a 77 mg/l. Los valores altos de DBO pueden interpretarse como debidos a una posible contaminación orgánica que podría influir en la salud física pública.

Los valores de OD son inversamente proporcionales a los de DBO. Un valor bajo de OD, implica la existencia de contaminación orgánica reciente en el cuerpo receptor. Al comparar los valores de DBO, DQO y OD se observa que existe un aumento del problema de contaminación del punto B2 respecto al punto B1 y que esta contaminación disminuye en el punto B3.

Los valores encontrados en el punto B3 para las concentraciones de nitratos, nitritos, DBO, OD, DQO, grasas y aceites y ABS demuestran una disminución respecto al punto B2 que se debe más bien a un efecto de dilución causado por la descarga no contaminada de la Quebrada Seca entre los puntos antes citados y no a un proceso de autopurificación del río, puesto que durante la toma de

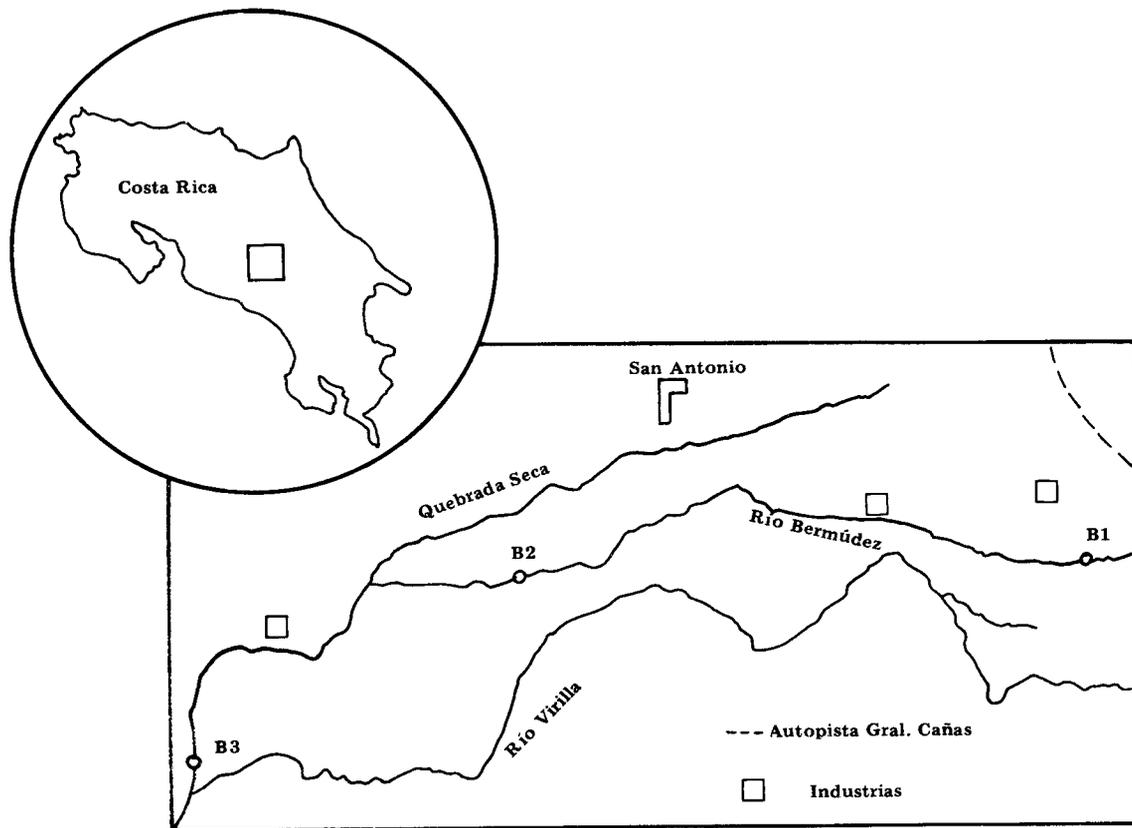


Fig. 1. Ubicación de los puntos de muestreo en la zona estudiada.

las muestras los caudales de ambos cursos fueron similares.

Los resultados obtenidos en la determinación de sólidos, muestran un aumento considerable en la concentración de sólidos totales entre los puntos B1 y B2, pasando de valores promedio de 351 mg/l en el primer punto a 1082 mg/l en el segundo. Los valores encontrados en el punto B3 arrojan un promedio de 836 mg/l, notándose el efecto de dilución antes descrito.

La mayor parte de los sólidos encontrados en los tres puntos considerados son del tipo volátil, lo que indica la presencia de desechos orgánicos. Esta conclusión está respaldada por la congruencia encontrada entre DBO, DQO y OD.

Los nitratos y los ortofosfatos presentan concentraciones bajas en estas aguas lo que quizá indica un bajo porcentaje de degradación de la materia

orgánica, resultado que concuerda con el valor alto alcanzado por la DBO y con los valores de nitrógeno de nitritos encontrados.

La concentración de grasas y aceites muestra un aumento de 41,4 mg/l entre los puntos B1 y B2, disminuyendo en el tercer punto. Lo mismo ocurre con la concentración de detergentes, siendo el valor máximo encontrado de 1,4 mg/l en el B2, valor que sobrepasó los máximos recomendables para aguas de regadío (8), con los consiguientes efectos sobre el medio ambiente y en el manejo de las aguas (5). La presencia de concentraciones altas de grasas y aceites, provoca una disminución drástica del oxígeno disuelto en el agua, con lo que se afectan los procesos de autopurificación. Este efecto se debe principalmente a la formación de una película en la superficie del agua que dificulta el intercambio gaseoso con la atmósfera, limita la penetración de la luz y reduce la velocidad de los procesos fotosintéticos.

El valor de pH es igual a los puntos B1 y B2, en tanto que en el punto B3 se alcanza un valor de 9,0 mayor que el establecido como máximo tolerable en las normas de calidad para aguas de uso agrícola (8). Este comportamiento se debe a la descarga de desechos alcalinos provenientes de una procesadora de pieles ubicada en las inmediaciones del punto de muestreo.

Los valores de conductividad presentan un aumento paulatino entre los puntos considerados con un valor máximo en el punto B3 (890  $\mu\text{mhos/cm}$ ), lo cual indica una alta concentración salina en dichas aguas, haciéndolas inadecuadas para su utilización como fuente de regadío dado el desbalance osmótico que provocan y por los efectos negativos sobre la estructura del suelo.

El alto grado de contaminación orgánica que revelan los resultados obtenidos en los parámetros analizados, proviene en buena parte de los desechos fecales, alimenticios, de animales muertos, etc. de granjas y proquerizas situadas a la vera del río en el trecho estudiado y que directa o indirectamente, alcanzan las aguas del mismo. Algunas industrias realizan también descargas orgánicas cuyo volumen es considerable.

**Cuadro 1. Caracterización físicoquímica de las aguas del Río Bermúdez\***

Parámetro	Estación		
	B1	B2	B3
Temp. ambiente (C)	26	27	28
Temp. agua (C)	25	27	23
pH	7,7	7,5	9,3
Conductividad ( $\mu\text{mhos/cm}$ )	80	250	890
DBO (mg/l)	5	77	30
OD (mg/l)	3,4	0,8	0,6
DQO (mg/l)	150	440	260
Nitrato (mg/l N-NO <sub>3</sub> )	0,07	0,04	0,04
Nitritos (mg/l N-NO <sub>2</sub> )	0,196	0,097	0,076
Ortofosfatos, (mg/l)	0,0317	0,0071	0,0101
Grasas y aceites (mg/l)	28,1	52,5	29,9
ABS (mg/l)	0,7	1,4	0,8
Sólidos disueltos fijos (mg/l)	156	200	518
Sólidos disueltos volátiles (mg/l)	158	274	162
Sólidos disueltos totales (mg/l)	314	474	680
Sólidos suspendidos fijos (mg/l)	21	128	71
Sólidos suspendidos volátiles (mg/l)	16	480	90
Sólidos suspendidos totales (mg/l)	37	608	156
Sólidos totales fijos (mg/l)	177	328	584
Sólidos totales volátiles (mg/l)	174	754	252
Sólidos totales (mg/l)	301	1082	836

\* Promedio de 15 observaciones.

Las consecuencias que han acarreado los distintos tipos de contaminantes descargados en el río pueden dividirse en dos categorías; el efecto nocivo sobre los ecosistemas naturales o primarios del río y la alteración de los ecosistemas secundarios o productivos de la zona. En cuanto a los efectos sobre los ecosistemas naturales del río, el problema ha alcanzado un nivel de gravedad notorio, observándose un exterminio total de las especies acuáticas. A este respecto, puede notarse que los bajos valores de oxígeno disuelto en promedio oscilan entre un 7,2% y un 41% de los valores de saturación para esas temperaturas, factor que limita severamente la existencia de vida acuática.

Los bajos niveles de OD alcanzados (menos de 3 mg/l) están muy por debajo de los valores tolerados por los organismos de aguas templadas. Estos niveles sólo pueden soportarse por cortos períodos de tiempo antes de afectar adversamente tanto a las poblaciones de vertebrados como de invertebrados (3).

Con relación a la alteración de los ecosistemas secundarios, pueden distinguirse varios efectos nocivos sobre ellos, según sea el tipo de contaminantes que está afectando y el grado de evolución que haya alcanzado el problema. Así, se tiene un efecto directo sobre los cultivos, efectos sobre el terreno, sobre la eficiencia de los procesos del impacto en cuanto a los valores escénicos del ambiente, ya que el río deja una impresión desagradable.

Los cambios que producen ciertos contaminantes, como por ejemplo las sales, sobre algunos parámetros como conductividad y pH, llevándolos a niveles perjudiciales, hacen que estas aguas afecten en forma directa a los cultivos.

En suelos excesivamente salinos, sobrevienen problemas de drenaje al dificultarse el proceso de percolación, lo que conlleva un peligro de lavado del suelo o acumulación excesiva de agua en terrenos planos. Los valores encontrados para los sólidos sedimentables, indican peligro de taponamiento de los espacios porosos del terreno, con la consecuente disminución en la capacidad de aireación y percolación del suelo.

Además de los efectos citados con anterioridad está presente el efecto sobre la salud humana, en especial de los agricultores que entran en contacto directo con esas aguas al poner a funcionar las

bombas succionadoras. Más aún, muchos de los productos agrícolas de la zona (hortalizas, etc.), se consumen sin pasar por un eficiente proceso de lavado, por lo que se pueden convertir en portadores de enfermedades.

### RESUMEN

Se realizó un estudio para evaluar el grado de contaminación de las aguas del Río Bermúdez en la región de Alajuela, Costa Rica. Las aguas de este río arrastran consigo desechos industriales y domésticos y son utilizadas para la irrigación de cultivos de tomate, maíz, frijol, cebolla y camote.

En la zona estudiada, las aguas muestran una alta contaminación orgánica reciente, exterminio de la fauna ictiológica y deterioro sensible de la calidad escénica. La concentración de sales (de hasta  $890 \mu\text{mhos/cm}$ ) y de sólidos totales, hacen a estas aguas inaceptables para irrigación. Los valores de pH (9,0) y de concentración de detergentes (ABS) - (1,4 mg/l) superan, en varios puntos de la zona estudiada, los valores establecidos como máximos para la calidad de aguas para uso agrícola, afectando los cultivos en diversas formas.

### LITERATURA CITADA

- 1 APHA, AWWA, WPCF. Standard methods for the examination of water and wastewater. 14 ed. American Public Health Association, Washington. 1975. 1193 p.
- 2 BANCO MUNDIAL. Consideraciones ambientales de salud y ecología humana en proyectos de desarrollo económico. Washington D.C. 1974. 172 p.
- 3 BALL, R.C. y BAHR, T. G. Intensive survey: Red Cedar River Michigan *In*. Whitton, B.A. ed, River Ecology. Blackwell Scientific Publications. Londres, 1975. 725 p.
- 4 INGLATERRA. Water Pollution Research Laboratory. Water Pollution Laboratory Procedures N° 2 and 17. Stevenage, London, 1969. 14 p.
- 5 MATA, A. y CHACON, B. Los efectos de los detergentes en el agua. Ingeniería y Ciencia Química, 2(3): 55-58. 1978.
- 6 MEXICO. SECRETARIA DE RECURSOS HIDRAULICOS. Subsecretaría de Planeación de la contaminación. Análisis de aguas y aguas de desecho, Vol. 2. México, D.F.s.f. 467 p.
- 7 MUSCHITL, D. y RODRIGUEZ, A. Fate of organic pesticides in the aquatic environment. Informe presentado al International Institute for Hydraulic and Environmental Engineering, Delft, Holanda 1978. 41 p.
- 8 U.S. DEPARTMENT OF THE INTERIOR. Water quality criteria. Federal Pollution Control Administration. Reprinted by U.S. Environment Protection Agency. Washington D.C. pp. 155-158. 1972.