

La calidad de las aguas del canal de desagüe de «El Reguerón» (Río Guadalentín: Cuenca del Segura)

POR

M. L. SUAREZ, M. R. VIDAL-ABARCA,
C. MONTES y A. G. SOLER (*)

RESUMEN

Se ha estudiado el estado físico-químico y biológico actual de la calidad de las aguas del tramo final, canalizado, de uno de los afluentes más importantes del río Segura, el río Guadalentín.

A partir de 11 estaciones de muestreo, se han medido una serie de parámetros físico-químicos y biológicos del agua, analizándose su distribución estacional y, de algunos de ellos, sus curvas de variación diaria.

Se ha examinado la distribución longitudinal de las poblaciones más importantes de macroinvertebrados con valor indicador de la calidad biológica de sus aguas.

Se ha descrito la carga contaminante del canal, mediante la caracterización, inventario y distribución de los efluentes más importantes que vierten en él.

El análisis global de los parámetros físico-químicos y el análisis biológico mediante la utilización de índices estructurales y de polución, ha permitido caracterizar tres tramos o sectores del cauce según su grado de alteración.

(*) Departamento de Zoología. Facultad de Ciencias. Sección Biológicas. Universidad de Murcia.



Finalmente, se ha establecido un sistema de diagnóstico de la contaminación y se ha propuesto un plan sostenido anticontaminación y de gestión para este tramo del cauce del río Guadalentín.

SUMARY

In this paper, the present quality state of the water from the last reach of Rio Guadalentín, one of the most important secondary river of the Rio Segura, has been studied. This reach is known as «El Reguerón».

Several physico-chemical and biological parameters have been measured from eleven sampling-station, and their stational distribution and, in some cases, their diurnal curves has been established.

We have studied the longitudinal distribution of the most relevant populations of macroinvertebrates with indicator value of the water biological quality.

We also reported on the load of pollutants in the reach through the characterization, inventory and distribution of its most important sewages.

The global analysis of the physico-chemical and biological parameters, using structural and pollution indexes, allows the identification of three different sectors each one characterized by a particular level of contamination.

Finally, a system for pollution diagnosis is established and a management plan for «El Reguerón» is proposed.

INTRODUCCION

El problema de la contaminación de las aguas superficiales en la cuenca del río Segura, adquiere una dimensión peculiar y alarmante, en relación a otras cuencas ibéricas y europeas. El hecho de poseer caudales naturales débiles e irregulares, junto con una intensa regulación y uso de sus aguas, ha creado una situación de extrema fragilidad. Esto hace que no se puedan utilizar sus cauces como vía de transporte de productos resultantes de las actividades humanas sin provocar un impacto ambiental considerable.

Esta situación debería haber promovido la implantación de una política de control y gestión de materiales extraños al cauce, a fin de evitar alteraciones en la estructura y funcionamiento de las comunidades de

organismos acuáticos que lo habitan. Sin embargo, la realidad es muy distinta; actualmente la mayor parte de las aguas del cauce principal, sobre todo desde su entrada en la provincia de Murcia, se encuentran sometidas a la acción de efluentes contaminantes de muy diferente tipología e intensidad. La consecuencia inmediata ha sido que el agua, de por sí escasa en esta cuenca, se ha convertido en un recurso de primera necesidad para el desarrollo socioeconómico de determinados sectores de las provincias de Murcia y Alicante.

Un afluente del Segura, el río Guadalentín, es en su tramo final la vía de transporte de uno de los vertidos líquidos más importantes de toda la carga contaminante global que transporta el Segura. A pesar de esto, la situación permanece estacionaria desde hace varios años, sin ser atendida adecuadamente por los organismos responsables, con el consiguiente aumento del grado de contaminación de las zonas afectadas.

Este trabajo pretende describir de una forma general la situación actual de usos a los que se encuentra sometido el tramo final, canalizado, del río Guadalentín, denominado canal de «El Reguerón», así como evaluar el grado de alteración provocado por los vertidos que conduce en la estructura de la comunidad de organismos que viven en sus aguas.

No existe ningún informe ni estudio completo que describa las condiciones ambientales anteriores ni la distribución de los vertidos y el impacto provocado por éstos, tan sólo Soler y cols. (1980) realizaron una medida de varios parámetros físico-químicos en tres puntos del canal.

Este estudio tiene como objetivo principal el servir de fuente de información y punto de referencia para analizar las modificaciones que, de una forma segura, deberán producirse al corregirse o agravarse el problema a que se encuentra sometido este tramo del río Guadalentín.

DESCRIPCION DE LA ZONA

El río Guadalentín supone el último afluente del río Segura por su margen derecha (fig. 1). Constituye un hecho geográfico en el que confluyen una serie de características litológicas, topográficas, bioclimáticas y morfoestructurales de gran relevancia, que hacen de éste uno de los aparatos fluviales más singulares de la cuenca del río Segura.

Junto con el río Mundo, presenta el cuadro de variables morfométricas más importantes de la cuenca segureña. Posee una red de drenaje muy importante, densa y jerarquizada (2.846 km²), con una disposición palmeada y con igual longitud en cabecera, además de grandes ramblas con fuertes pendientes a lo largo de su curso. No obstante, la pendiente

media del cauce principal es la más baja de todos los afluentes importantes del Segura (2,9‰) (López Bermúdez, 1973).

El Guadalentín discurre sobre materiales poco permeables, básicamente margas y arcillas, aunque en determinados sectores posee una importante capacidad de infiltración (Gil Olcina, 1968).

Desde muy antiguo y debido a la incidencia rápida y violenta de la actividad humana de rotulación y desforestación, sus vertientes aparecen como un paisaje de abarrancamientos y laderas prácticamente desnudas de vegetación.

Climáticamente, hasta el embalse de Puentes, la cuenca del Guadalentín se encuentra en un dominio semiárido y el resto en un sector árido (López Bermúdez, 1973). Esto se debe a una escasez de lluvias (285 mm., embalse de Puentes) y a una intensa evapotranspiración, que junto con la infiltración, bajo coeficiente de escorrentía, regulación y consumo de agua (básicamente para riego) deja, prácticamente, la mayoría de los cauces de la cuenca completamente secos durante todo el año (fig. 1) (1).

Su régimen global se asemeja al de una gran rambla que sólo conduce agua de una forma esporádica y, por lo general, torrencial después de fuertes lluvias.

Su cuenca presenta una dinámica climática regional que provoca, con relativa frecuencia, situaciones de tiempo generadoras de una gran inestabilidad atmosférica, dando lugar a fuertes lluvias, por lo general, de corta duración y gran intensidad. Estas lluvias, dentro del marco estructural ya mencionado, desencadenan crecidas torrenciales y catastróficas (López Bermúdez y otros, 1981).

El sincronismo de los múltiples e importantes caudales puntuales, junto con la morfología de la cuenca, dan lugar a enormes crecidas (2.000 m³/s.) con gran capacidad de arrastre y aterramiento. En resumen, nos encontramos ante uno de los regímenes fluviales más extremos de los cauces mediterráneos levantinos (Gil Olcina, 1968).

La frecuencia con que se producen las graves inundaciones hizo desde muy antiguo que se diseñaran y construyeran obras de regulación y defensa contra las avenidas del río (Calvo García-Tornel, 1968).

Por esta causa se construyeron en 1788 los embalses de Valdeinferno y de Puentes (Gil Olcina, 1972). Muy posteriormente (1918) se realizó, a la altura de la localidad de Totana, una presa denominada «El Paretón»,

(1) El tramo del río con aguas permanentes que comprende desde la ciudad de Lorca hasta 11,5 km. aguas abajo, donde desaparecen completamente por infiltración, es el resultado de los vertidos líquidos, básicamente industriales, procedentes de las fábricas de curtidos ubicadas en la zona (ver INTECSA, 1980).

junto con un canal que desviaba el cauce hacia la rambla de Mazarrón de tal manera que, en una crecida, las aguas eran conducidas hasta el mar.

A pesar de estas obras, el punto más conflictivo por el riesgo e intensidad de la inundación se situaba en el tramo final del río Guadalentín, cerca de la localidad de Sangonera. Como consecuencia de la débil pendiente de este sector, se formaba un gran delta interior desde donde partían varios brazos, más o menos ocasionales, hasta desembocar en el Segura (Calvo García-Tornel, 1982) (fig. 1). Para evitar el peligro de inundación que afectaba directamente a la ciudad de Murcia y a su huerta, se construyó, en 1745, un canal que conducía las aguas de este sector hasta el río Segura (2).

Este canal, denominado «El Reguerón», con un trazado actual muy diferente al de sus orígenes (Berenguer, 1896), parte en forma de obra desde poco antes de la localidad de El Palmar y desemboca en el río Segura a la altura del Rincón de Villanueva, recorriendo el sector sur de la huerta de Murcia (3) (fig. 2). Tiene una longitud total de 14,87 km. (muros de obra de 5 m. de altura) con una anchura máxima de 20 m. y canal de estiaje de 0,5 a 3 m. Su capacidad máxima es de 300 m³/s. (4).

De una forma habitual, «El Reguerón», sólo transportaba el agua sobrante de riegos de la huerta de Murcia y de algunos manantiales del sector de El Palmar y Librilla.

En el apéndice final, se resumen los acontecimientos más importantes relacionados con la obra del canal de «El Reguerón» desde el comienzo de su construcción.

Durante el último decenio, las pedanías de Murcia, situadas en la margen derecha del canal, englobadas bajo el nombre de «Costera Sur» (fig. 2), han experimentado un considerable aumento en el número de habitantes y asentamientos industriales y sanitarios. En 1969, se redactó un proyecto para el abastecimiento, distribución, alcantarillado y depuración de las aguas de la ciudad de Murcia y de 31 pedanías de su huerta. Pero hasta 1973 no entró en funcionamiento la estación depuradora de Beniaján, que debería tratar las aguas residuales urbanas, sanitarias e industriales de toda la «Costera Sur».

Teóricamente, esta estación depuradora debía de procesar un efluente urbano producido por unos 48.500 habitantes, un efluente industrial

(2) Este canal también recoge, por su margen derecha, las aguas de inundación de la Rambla del Puerto.

(3) En este punto posee un desnivel inapreciable respecto al cauce del río.

(4) En la actualidad, la capacidad máxima se encuentra bastante reducida debido al alto porcentaje de colmatación que ha experimentado el canal por las crecidas de los últimos años.

de aproximadamente 453 industrias (5), Mercamurcia y el vertido procedente de la Ciudad Sanitaria «Virgen de la Arrixaca». El agua depurada debía ir a «El Reguerón» y de éste al Segura, donde aliviaría su carga contaminante.

El caudal que llegaba a esta planta depuradora era muy superior al que realmente podía procesar, por lo que a los cuatro años, y por protestas de los vecinos, se detuvo su funcionamiento. En 1980 vuelve a ponerse en marcha la primera y segunda fase, siendo aún mayor la incapacidad de tratamiento, debido al aumento de la población y de las industrias. En estas condiciones y a los dos meses de su puesta en funcionamiento, las instalaciones se paralizaron definitivamente (diciembre de 1980) por presiones de los vecinos de las pedanías próximas, alegando ruidos, malos olores y riesgos sanitarios. En junio de 1981, se construyó un colector con un emisario que enviaba directamente todo el efluente sin tratar al río Segura (figs. 2 y 3).

El uso general y actual del canal de «El Reguerón», aparte de la prevención de inundaciones, es de receptor de vertidos sólidos (animales muertos y basuras, en general) y de conductor de efluentes líquidos industriales, urbanos y agrícolas.

Su cauce central, aunque con gran irregularidad en su caudal, mantiene agua de una forma casi continua durante todo el año.

En la figura 3, se localizan y relacionan las entradas de agua más importantes que posee en la actualidad el canal de «El Reguerón».

Según la procedencia de este agua, el canal puede dividirse en tres tramos o sectores (fig. 3). Un primer tramo (a) que comienza en El Palmar y mantiene agua de vertidos, prácticamente permanentes, procedentes del centro psiquiátrico, polígono industrial (6) y una industria metálica. Estos vertidos forman grandes charcos que se continúan normalmente hasta alcanzar el cauce central. Un segundo tramo (b), recoge las aguas sobrantes del ineficaz sistema de riegos de este sector de la huerta de Murcia (Calvo García-Tornel, 1982; Zapata y Sempere, 1978), por una parte, el exceso de aguas muertas del «Azarbe de Cutillas» y sobre todo las pérdidas y excedentes de aguas vivas de la «Acequia de la Alquibla». El último tramo (c), recoge los sobrantes de riego de la «Acequia la Cuneta», donde también tiene su vertido una fábrica de esencias con tratamiento de cáscara de naranja. Principalmente y hasta

(5) De todas estas industrias conectadas a la red principal del alcantarillado, según censo de 1976, las alimenticias son las más importantes (25,39 %), junto con las madereras (15,67 %). El resto se reparte entre productos minerales (9,27 %), herrerías (9,27 %), maquinaria (8,61 %) y químicas (4,86 %).

(6) Este polígono no ha entrado aún en funcionamiento, pero al colector están conectados los vertidos urbanos de la barriada de San Ginés.

la construcción del colector que lo desvía en su totalidad directamente al río Segura, este sector transportaba el efluente de la depuradora de Beniaján de una forma completa y sin tratar. En la actualidad conduce las aguas de riego del tramo anterior y algunos excedentes del caudal de la depuradora.

El canal se encuentra localizado sobre terrenos cuaternarios y asentado sobre la llanura de inundación que forman los ríos Segura y Guadalentín. Su sustrato está compuesto por materiales aluviales muy ricos en elementos arcillosos.

La vegetación de su cauce es la típica de las grandes acequias y canales con sustrato arcilloso y sometidos a períodos regulares de estiaje (Esteve, 1972).

Está constituida por especies banales y pioneras, con escasos requerimientos ecológicos y características de comunidades halófilas, subhalófilas y nitrófilas.

La mayor parte de su cauce, a partir del puente de la carretera nacional a Cartagena, está prácticamente cubierto por carrizo, *Phragmites australis*, sólo existen pequeñas manchas de cañas, *Arundo donax* y *A. plinii*. Entre el carrizo, se presentan manchas más o menos aisladas de *Typha dominguesi* y en todo el cauce, plantas aisladas de *Juncus maritimus*, *J. articulatus*, *J. subulatus* y *Scirpus maritimus*.

A partir de la desembocadura de la «Acequia de la Alquibla» se presenta una vegetación típica de malas hierbas, característica de bordes de cultivos, entre las que predomina *Coryza nevadensis* y *Plantago major*. Todo este sector, hasta la desembocadura, y en calvas más o menos grandes para el resto del canal, se encuentra cubierto hasta el borde del canal de estiaje por un pastizal eutrófico de *Paspalum vaginatum* y *Cynodon dactylon*.

El tramo inicial del canal, donde circulan las aguas residuales, se encuentra más libre de vegetación, la cual se caracteriza por la presencia de pies aislados de tarajes, *Tamarix gallica* y plantas típicamente nitrófilas como *Polygonum persicaria* y *Zygophyllum fabago*.

En el interior del canal de estiaje se sitúan, tanto en la zona de aguas residuales como de riego, manchas de *Scirpus tabernaemontanii*. No se ha encontrado vegetación abundante de macrófitos, tan solo algunas manchas de *Spirogira sp.* y *Cladophora facta* en el tramo con aguas de riego.

METODOLOGIA

El estudio se estableció según dos vías o líneas complementarias. Por una parte, el análisis de las características físico-químicas más importantes del agua que conduce y, por otra, el análisis de la comunidad bentónica que habita en ella.

Se escogieron en total once estaciones de muestreo, nueve distribuidas a lo largo del canal y repartidas entre los tres tramos establecidos y otras dos en el río Segura, antes y después de su desembocadura, al objeto de evaluar su incidencia en la calidad de las aguas de este río (fig. 3).

Las medidas de pH, conductividad y oxígeno disuelto, se realizaron *in situ*; el resto de parámetros químicos y biológicos se estimaron en el laboratorio a partir de muestras de agua. Al objeto de determinar el grado de estrés a que se encuentran sometidos los organismos que habitan en el sector menos alterado (tramo b), durante el mes de agosto se determinaron para la estación número 4, curvas diarias de temperatura, oxígeno disuelto y alcalinidad.

La metodología analítica general aplicada se encuentra descrita en Margalef y otros (1976).

La recolección de organismos se realizó mediante la utilización conjunta de una manga cuadrada de 25 cm. de lado, y otra triangular de 35 cm. (Montes y otros, 1980). La homogeneidad del sustrato (cubeta arcillosa) hizo innecesario el empleo de cualquier técnica de recolección adicional.

Las muestras se fijaban en el campo con alcohol. Posteriormente, en el laboratorio se lavaban bajo una lluvia fina y constante de agua, en una columna de tamices de diferentes tamaños. Los individuos que contenía cada fracción se extraían visualmente en cubetas transparentes, con agua y bajo diferentes fuentes de luz.

Todas las estaciones se visitaron dos veces (agosto y diciembre de 1980), cuando aún la depuradora vertía todo su caudal sin tratar al canal. Las del último tramo (8 y 9) y las del río Segura se muestrearon otras dos veces (agosto y diciembre de 1981) cuando el vertido se hacía directamente al río Segura.

CARACTERIZACION FISICO-QUIMICA DE LAS AGUAS

En todo ecosistema acuático, los parámetros físico-químicos del agua condicionan de una forma general el tipo de organismos que constituyen

su biocenosis, configuran un ambiente adecuado para determinadas poblaciones de animales y vegetales e impiden el desarrollo de otras menos adaptadas. A su vez, los organismos que viven en este medio, modifican algunos de estos parámetros mediante su actividad fisiológica. Es, pues, evidente que para comprender de una forma integrada, aspectos estructurales de las comunidades de organismos que habitan los medios acuáticos, es imprescindible el conocimiento de determinados parámetros físico-químicos de las aguas.

Si además introducimos al hombre como usuario de los sistemas acuáticos, la necesidad del estudio físico-químico se hace más patente, dado que estos factores juegan un papel preponderante en la utilización racional del agua.

En la tabla 1, se presentan los resultados obtenidos, durante todo el período de estudio de los parámetros físico-químicos y biológicos analizados. En ella puede apreciarse como, de una forma general, el cuadro físico-químico establecido refleja el origen de los distintos tipos de agua que conduce el canal respecto a la calidad y cantidad (caudal) de la carga contaminante (7).

Las aguas del cauce de «El Reguerón» se caracterizan por ser poco profundas con variaciones que dependen del caudal. El sector más profundo lo constituye la desembocadura con una media de 62 cm. para la muestra de verano.

Son poco transparentes, de color negruzco en la mayor parte de su recorrido, y con valores importantes de materia en suspensión (Nisbet y Verneaux, 1970), fundamentalmente en las estaciones de la desembocadura donde se produce la mayor incidencia de vertidos. El sector que conduce el sobrante de aguas de riego de la huerta (estaciones de la 4 a la 7), posee un cuadro organoléptico de mejor calidad.

Respecto a la mineralización de sus aguas, poseen una elevada concentración de sales en disolución, como queda reflejado en los valores de conductividad (880 a 2.300 $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$), siendo los más altos los medidos en los dos sectores que mantienen la mayor carga contaminante. En cualquier caso, el cauce discurre sobre un sustrato con materiales solubles, lo cual hace que las aguas, aun sin incidencia de vertidos, posean valores muy elevados de salinidad (durante la inundación de octubre de 1982, en tramos normalmente secos durante años, se registraron valores de conductividad de hasta 16.500 $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$).

Dentro de esta importante mineralización de las aguas, los carbo-

(7) Bajo esta expresión se designa al conjunto de focos contaminantes que recoge un cauce fluvial (Wasson, 1977).

riatos y sulfatos juegan un papel preponderante. Los valores de alcalinidad oscilan entre 4,5 y 12,8 meq/l. Muy ligadas a las variaciones de este factor se encuentran las cantidades de calcio en solución, por lo general bastantes altas (40,2-213,7 mg/l). Las concentraciones de sulfatos son también muy elevadas (529,9-1.328 $\mu\text{g}\cdot\text{at}/\text{l}$), debido a la litología regional característica de los cursos fluviales de la cuenca del Segura (Catalán, 1981). Los valores de magnesio en relación con el último factor, son también importantes (24,2-125,3 mg/l). Los cloruros, aunque con valores considerables, sobre todo en las partes más contaminadas (98,8-291,8 mg/l), no poseen la misma importancia que los dos parámetros anteriores.

Las medidas de pH presentan pocas variaciones, con valores neutros en general y ligeramente ácidos en la estación número 9 correspondiente a la desembocadura afectada por el vertido de una fábrica de esencias.

En relación a las concentraciones de nutrientes, los análisis de las tres formas del nitrógeno muestran cómo los nitratos y el amonio se oponen en su evolución, mientras que los nitritos presentan valores muy variables. El carácter básicamente orgánico de los efluentes líquidos, de las zonas fuertemente contaminadas del canal (tramos inicial y final), hace que la mayor parte del nitrógeno se encuentre en forma de amonio y nitritos (bajas concentraciones de oxígeno), mientras que en el segundo tramo, con mejor oxigenación de sus aguas, los valores de nitratos son más elevados (43,2 $\mu\text{g}\cdot\text{at}/\text{l}$). Respecto a las concentraciones de fósforo registradas, reflejan claramente los procesos de enriquecimiento de este nutriente, debido a las actividades humanas (3,8-151,3 $\mu\text{g}\cdot\text{at}/\text{l}$).

Los valores de la concentración de oxígeno disuelto, así como el que precisan los microorganismos para descomponer la materia orgánica (D.B.O.₅) o el necesario para que tengan lugar los procesos químicos de oxidación (D.Q.O.) (8), ponen de manifiesto el grado de contaminación orgánica a que se encuentra sometido el cauce. Los tramos que reciben los vertidos del sector de El Palmar y la depuradora de Beniaján, poseen una elevada carga orgánica presentando aguas muy insaturadas de oxígeno (1,6 %-9,4 %) y valores elevados de D.B.O.₅ (315-380 mg O₂/l) y D.Q.O. (43,4-69,3 mg O₂/l).

Los valores medidos en clorofila «a» reflejan la existencia de una comunidad considerable de productores, solamente en el sector que transporta las aguas sobrantes de riego (39,4 mg/cm³).

(8) La medida de este parámetro se realizó sobre el consumo de permanganato en medio ácido.

Los procesos de respiración y fotosíntesis tienen su mayor exponente en el tramo menos contaminado del canal, como se refleja en la figura 4, en donde se representan las oscilaciones diarias (verano de 1981) de algunos parámetros físico-químicos medidos en muestras tomadas en un remanso de la estación número 4, correspondiente a un desagüe de sobrantes de riego de la huerta de Murcia. Se aprecia cómo debido al abonado de las aguas por las técnicas agrícolas y los vertidos recibidos en el Segura antes de la presa de La Contraparada (distribuidora de toda el agua de riego en la huerta), durante la noche se produce un agotamiento importante del oxígeno disuelto (0,46 mg/l), acompañado de una alcalinización. Durante el día, el incremento gradual de la temperatura y la actividad fotosintética, libera concentraciones de este gas, aumentando la del oxígeno disuelto, y precipitando carbonatos.

Al objeto de presentar una visión global de la calidad físico-química de las aguas de «El Reguerón», se ha aplicado el índice de Harkins (1974). Su cálculo se ha adaptado a las características del agua en estudio, fundamentalmente en relación a los parámetros utilizados (transparencia, conductividad, sólidos en suspensión, pH, saturación de oxígeno, D.B.O.₅, D.Q.O., amonio, nitratos y fosfatos), y a los valores o niveles guía empleados (9).

En la figura 5 se representa este índice a lo largo del cauce y en la tabla 2, se expresan los valores del mismo correspondientes a las dos últimas estaciones del canal y las estudiadas en el Segura, antes y después de que se realizaran los vertidos de la depuradora de Beniaján directamente al río. En la gráfica se delimitan claramente tres tramos o sectores en función de la calidad físico-química global de las aguas. El primero (estaciones 1, 2 y 3) presenta aguas de muy baja calidad, como consecuencia de los vertidos de carácter orgánico que se producen en el asentamiento urbano de El Palmar. El escaso caudal de estos vertidos permite un aumento gradual de la calidad global del agua en este tramo al alejarse del foco contaminante, sobre todo en los períodos templados y cálidos de año, al poder intervenir de una forma más intensa los procesos de autodepuración.

El segundo tramo (estaciones 4, 5, 6 y 7) mantiene las aguas de mejor calidad de todo el canal. Sin embargo, esta calidad puede variar considerablemente, dependiendo del estado físico-químico en que se encuentre el agua del Segura en el punto de distribución de todo el regadío de la Vega Media (presa de La Contraparada). La utilización actual de las

(9) Un aumento en el valor de este índice indica una peor calidad del agua o un mayor grado de contaminación.

acequias y azarbes, como vía de transporte de vertidos intermitentes, procedente sobre todo de talleres de automóviles repartidos por la huerta, también posee una incidencia importante, aunque temporal, en la calidad global de las aguas de este tramo.

El último sector (estaciones 8 y 9) es el que mantiene un mayor grado de contaminación. Hay que tener en cuenta que este tramo recogía un caudal muy importante de aguas negras, sin tratar (220 l/s), procedente de toda la «Costera Sur».

En las tablas 1 y 2 se pone de manifiesto la incidencia que posee el tramo final de «El Reguerón» en la calidad físico-química del río Segura. Se aprecia cómo el empeoramiento de las aguas del Segura (estación número 11) es mucho más marcado desde que el vertido de la «Costera Sur» se realiza directamente al río. Cuando era conducido, aunque fuese en un pequeño recorrido, por el cauce del canal, se producía un cierto proceso de autodepuración. Además, este mismo tramo recoge los sobrantes de riego del «Azarbe la Cuneta» al que se le unen periódicamente los vertidos de una fábrica de esencias (fig. 3).

De una forma general, no se aprecian cambios estacionales muy marcados en la calidad físico-química de las aguas del canal. Esto es debido, por una parte, al carácter climático regional y, por otra, a la regulación artificial de los caudales que transporta.

ANALISIS BIOLOGICO

Cada tipo de sistema acuático define un marco abiótico que condiciona una determinada comunidad de organismos.

La utilización más generalizada que da el hombre a los ecosistemas acuáticos de la biosfera es el uso de estos como vía de transporte y acumulación de los productos resultantes de sus actividades. El aporte más frecuente que se produce en estos medios es fundamentalmente de materia orgánica. Este enriquecimiento orgánico, a diferencia de los ingresos de naturaleza física o química, es conocido por la naturaleza desde muy antiguo, provocando alteraciones más o menos importantes, aunque en principio no drásticas, en las comunidades de organismos acuáticos (Margalef, 1969). Al estimularse determinados niveles tróficos, se producen cambios en la estructura de estos ecosistemas, dando lugar a un fenómeno de eutrofización del medio que desencadena una repartición diferente del flujo de energía. Si esta eutrofización comienza a ser muy importante, por un aporte continuo e intenso de materia orgánica, se producen cambios sustanciales en el ambiente (parámetros físico-

químicos, depósitos de cieno en los fondos, etc.), simplificándose notablemente la organización de la comunidad (escaso número de especies y abundante número de individuos adaptados a las condiciones extremas). Por tanto, la contaminación constituye básicamente un fenómeno de consecuencias biológicas (Hynes, 1960).

Las comunidades van a responder al estrés ambiental provocado con cambios cualitativos y cuantitativos en su estructura. De esta forma, conociendo las condiciones de partida, es posible establecer un diagnóstico de la contaminación, evaluando aspectos estructurales cualitativos y/o cuantitativos de una comunidad acuática sometida a un determinado estrés ambiental.

El análisis biológico de las aguas contaminadas es una técnica prácticamente generalizada e indispensable a la hora de hacer una diagnosis eficaz de la calidad ambiental que presenta cualquier cuerpo acuático.

No existe ningún sistema biológico ideal que permita determinar exactamente el grado de contaminación de un medio acuático (Jensen y Aagaard, 1981), pero sí poseemos fundamentos teóricos y conocimientos suficientes para realizar una evaluación global realmente eficaz. De una forma general, los métodos biológicos existentes pueden ser de dos tipos. En primer lugar los que utilizan el valor indicador de determinadas especies, o grupos de especies, para delimitar zonas secuenciales según el estado biológico del agua; es el caso del tradicional Sistema de Saprobios de Kolkwitz y Masson (1902). El segundo tipo engloba los llamados índices estructurales, los cuales tratan de cuantificar algún aspecto estructural de las biocenosis o taxocenosis acuáticas.

Hemos escogido como unidad de estudio la comunidad de macroinvertebrados acuáticos (Cummins, 1975) por las ventajas que presentan frente al resto de organismos (Goognight, 1973; Wilson y Dicson, 1977).

Como consecuencia de la contaminación de las aguas de «El Reguerón», su comunidad de macroinvertebrados acuáticos es bastante reducida. Más de la mitad son larvas de diferentes familias de Dípteros. La dificultad del estudio de estos estadios larvarios y el emplear técnicas adicionales de cría, no nos han permitido realizar su determinación específica. El resto de la comunidad de macroinvertebrados está constituido básicamente por especies de distintos grupos:

TURBELLARIA

Dugesia polychroa (Schmidt 1861).

HIRUDINEA

Limnatis nilotica (Savigny 1822).

GASTRÓPODA

- Pseudamnicola confusa* (Frauenfeld 1863).
Potamopyrgus jenkinsi (Smith 1889).
Physa acuta (Draparnaud 1805).
Lymnaea truncatula (Müller 1774):

CRUSTÁCEA

- Gammarus pungens*, Milne-Edwards 1840.

INSECTA

Ephemeroptera

- Baetis rhodani*, Pictet 1843-45.

Odonata

- Ischnura pumilio* (Charpentier 1825).
Crocothemis erytraea (Brulle 1832).

Heteróptera

- Naucoris (Naucoris) maculatus conspersus*, Stal 1878.
Nepa cinerea cinerea, Linneo 1758.

Coleóptera

- Haliphus (Neohaliphus) lineaticollis* (Marsham 1802).
Guignotus pusillus (Fabricius 1781).
Noterus laevis, Sturm 1834.
Laccophilus hyalinus (De Geer 1774).
Laccophilus minutus (Linneo 1758).
Helochares lividus (Forst 1771).
Hydrous pistaceus, Castelnau 1840.
Berosus affinis, Brulle 1835.
Dryops luridus (Erichson 1847).

En la figura 6 se representa la distribución, a lo largo del cauce, de la abundancia relativa de las familias de Dípteros más importantes encontradas.

Las larvas de Empípidos, larvas de *Chironomus* del grupo *thummi* y las larvas y ninfas de Culícidos (*Aedes sp.* y *Anopheles sp.*), son los Dípteros más abundantes. Todos ellos, presentan importantes adaptaciones estructurales, fisiológicas y de comportamiento para vivir en las aguas con una fuerte contaminación orgánica.

Los Empípidos son capaces de mantenerse en la superficie del agua y respirar oxígeno atmosférico. Los Quironómidos poseen hemoglobina

en la hemolinfa, por lo que adoptan un color rojo. Los Culícidos y fundamentalmente las larvas de Anopheles, poseen un sifón respiratorio situado al final del cuerpo. Esta última familia es la más característica de aguas tranquilas y con contaminación de tipo cloacal (Dadd, 1980).

Todos los grupos de Dípteros se encuentran ampliamente representados, tanto en el sector fuertemente contaminado de El Palmar como en los remansos del sector que conduce las aguas de riego, pero dejan de aparecer en el tramo final del canal como consecuencia del fuerte caudal y la elevada carga contaminante que procede de la depuradora de Beniján.

Es interesante resaltar la desaparición de los Culícidos en la estación 4, donde tiene lugar el máximo de abundancia de un pez Ciprino-dóntido americano, introducido en todo el mundo: la gambusia [*Gambusia affinis* (Baird y Girard 1859)]. Esta se localiza en «El Reguerón», en el segundo tramo (fig. 7), y utiliza principalmente las larvas de Culícidos como dieta alimenticia (Gall y otros, 1980).

En la figura 7 se representa la distribución longitudinal de la abundancia relativa de varias especies de macroinvertebrados acuáticos (se incluye también la gambusia). La mayoría de estas especies se localizan en el tramo de canal que transporta los sobrantes del agua de riego de la huerta de Murcia (estaciones 4, 5, 6 y 7). Todas ellas son especies de escasos requerimientos ecológicos y adaptadas a vivir en aguas con un importante grado de enriquecimiento orgánico.

La aparición del Turbelario *Dugesia polychroa*, en este tramo del canal, coincide con el asentamiento de distintas poblaciones de Moluscos Gasterópodos dulceacuícolas, ya que estos constituyen su base alimenticia (Reynoldson, 1978). Es frecuente encontrar a este Turbelario en hábitats lénticos, mineralizados y con una elevada carga orgánica (Mettrich y otros, 1970).

Entre los Moluscos cabe destacar la presencia, muy abundante, de *Potamopyrgus jenkinsi*, Hydróbido de Nueva Zelanda, introducido en diversos países (Berner, 1959; Boettger, 1951), incluida España (Ibáñez y Alonso, 1977). Esta especie, así como el resto de Moluscos que viven en este mismo tramo del canal, son característicos de aguas contaminadas estancadas o de corriente débil y que se alimentan de detritus y algas.

En la zona más profunda y amplia de este sector (estación número 4) vive el Hirudineo *Limnatis nilotica*, asociado a condiciones de polución (Sawyer, 1974) y cuya dieta hematófaga debe suplirse a base de gambusias y resto de macroinvertebrados.

En las orillas y entre los restos orgánicos encontramos el Heteróptero depredador *Nepa cinerea* y los Coleópteros: *Berosus affinis*, *Noterus laevis*, *Laccophilus hyalinus* y *Dryops luridus*. Entre las manchas localizadas de algas filamentosas que existen en este sector, se sitúan algunas especies como: el Odonato *Ischnura pumilio*, el Coleóptero *Halipplus lineaticollis* y el Heteróptero *Naucoris maculatus*. Entre el sustrato del fondo y la vegetación acuática se encuentra una población abundante de la Efímera *Baetis rhodani*, especie típicamente cosmopolita y eurioica.

En la figura 8 se representan algunos animales acuáticos más característicos que viven en las aguas de «El Reguerón».

Al objeto de intentar delimitar tramos o sectores del canal con diferentes grados de contaminación, en función de su calidad biológica, hemos utilizado un índice de polución como medida cuantitativa del grado de alteración del medio. Este es el Índice Ponderado de Chandler (Chandler, 1970), bastante sensible a las variaciones de la calidad de las aguas y basado en un sistema de puntuación que se establece según la secuencia de desaparición progresiva de un grupo de macroinvertebrados por un incremento de la carga orgánica.

En la figura 9 se representan los valores obtenidos por este índice a lo largo del cauce.

Asimismo, también se ha empleado el sistema de saprobios revisado por Sladeczek (1973) y el sistema de clasificación de contaminación orgánica biodegradable propuesto por Besch (1973). En la figura 10 se presenta la sectorización del canal de «El Reguerón», según su grado de contaminación basada en ambos sistemas.

Se aprecia cómo los sectores delimitados en la figura 10 coinciden prácticamente con los que se detectan en la figura 9 y que a su vez, reflejan la procedencia y caudal del agua que transportan.

Encontramos un primer sector que va desde la localidad de El Palmar hasta prácticamente la salida de la «Acequia de la Alquibla». Este tramo, que conduce aguas de origen urbano, y por tanto con escasa calidad físico-química (fig. 5), se caracteriza por albergar una población típicamente poli y α -mesosaprobia. La mayoría de las poblaciones de larvas de Dípteros que lo caracterizan se encuentran en los charcos que se producen a la salida de los vertidos. Ya en el cauce, se asienta una población muy abundante de bacterias filamentosas, *Sphaerotilus natans*. Según la clasificación de Besch (1973), este tramo correspondería a una contaminación orgánica importante que al alejarse del foco de emisión

del vertido, el cauce con un caudal muy escaso, adquiere un carácter de contaminación orgánica crítica (clase 3 de Besch).

Un segundo sector empieza en la salida de la «Acequia de la Alquibla» que aporta al canal un importante caudal de agua sobrante del riego de la huerta. Este posee una calidad físico-química media (fig. 5), insaturado de oxígeno y con importantes fluctuaciones diarias (fig. 4). La comunidad de macroinvertebrados que lo habita puede considerarse como β -mesosaprobia formada por especies tolerantes, adaptadas a vivir en ambientes que mantienen una considerable carga orgánica. Todo este sector, hasta la salida del effluente de la depuradora, entraría dentro de la clase de contaminación orgánica moderada (clase 2).

El tercer sector que abarca desde la boca de salida del effluente mixto de la depuradora de Beniján hasta la desembocadura del canal en el río Segura, puede considerarse el más degradado de todo el canal. El gran caudal de aguas negras que conduce y su elevada carga contaminante no permite el establecimiento de ninguna población de macroinvertebrados. Puede considerarse dentro de la clasificación de Besch, con un grado de contaminación muy importante (clase 5).

Puede apreciarse (tabla 2) cómo al desviar prácticamente todo el caudal de la depuradora, directamente al río Segura, en el último sector de «El Reguerón» empiezan a asentarse algunas poblaciones de insectos acuáticos, elevándose en cierta medida la calidad biológica de su agua.

HACIA UNA GESTION RACIONAL DEL CANAL DE «EL REGUERON»

El estado actual en que se encuentra el cauce canalizado del tramo final del río Guadalentín, es un ejemplo más de la situación alarmante que padecen los afluentes de la cuenca del río Segura y sobre todo gran parte de su cauce principal.

El estudio que se ha llevado a cabo en esta zona, ha permitido en primer lugar, inventariar los usos actuales a los que se encuentra sometido el canal y, en segundo lugar, evaluar el grado de alteración que presentan sus biocenosis, mediante el estudio general de la comunidad de macroinvertebrados que habitan sus aguas.

En su estado natural, el canal de «El Reguerón», transportando básicamente los sobrantes de riego de la huerta de Murcia sin incidencias de vertidos, debía de albergar una rica comunidad de organismos acuáticos, característicos de las pequeñas y medianas acequias no cementadas y con caudal irregular de las Vegas Media y Baja, incluyendo especies tan interesantes como el Fartet (*Aphanius iberus* (vv. y Val. 1846) pez

aprinodontido del Sudeste de la península Ibérica y Noroeste de Africa, actualmente sometido a un acentuado proceso de regresión.

Como ha podido comprobarse, los sectores más degradados se encuentran al principio y al final del canal. El sector de El Palmar presenta un importante grado de contaminación orgánica, aunque sin una incidencia notable en la carga contaminante global, ya que los vertidos que recogen poseen un escaso caudal. Los problemas más importantes se encuentran en los charcos que se producen en el cauce de este sector y que sirven como reservorios de cría de abundantes poblaciones de Culfídeos.

Pero el sector que posee una situación realmente crítica en un principio, se localizaba en el tramo final del canal, desde la depuradora de Beniaján hasta la desembocadura, y actualmente, al desviar su vertido directamente al río Segura, está a pocos metros de la confluencia de los dos cauces.

Este vertido junto con el de Molina, es el principal responsable de la carga contaminante global que transporta la cuenca del río Segura. Además, el hecho de recoger el vertido sin depurar de una ciudad sanitaria y la posterior utilización de las aguas para riego de cultivos, supone un riesgo sanitario muy considerable al concentrar virus entéricos humanos, responsables de un elevado número de enfermedades, algunas de ellas graves (OMS, 1979).

Las responsabilidades de este cuadro de usos irracionales a los que se encuentra sometido actualmente al canal de «El Reguerón» y, en general, el resto de los cauces fluviales de la cuenca, se pueden deber a tres causas.

En primer lugar, la ausencia de una cobertura legal y administrativa que permita luchar de una manera eficaz contra la contaminación de las aguas. En segundo lugar, la ineficiencia de los organismos de la administración responsables del control y gestión de los cauces fluviales (escasez de medios económicos y humanos, problemas de competencia ministerial, falta de coordinación entre ellos, etc.). Y en tercer lugar, la ausencia de un plan de ordenación integrado de la cuenca que permita dar soluciones reales a corto y medio plazo para detener el aumento progresivo de los niveles de contaminación de las aguas.

En último término, no se trata más que de un problema de indecisión política que tiene su origen en el rechazo, por parte de determinados sectores de usuarios del cauce y de sus aguas, a que se pongan en práctica medidas contra la contaminación que impliquen un gasto económico.

Para el caso concreto del canal de «El Reguerón», está claro que lo

primero es establecer un plan sostenido de saneamiento y control de vertidos para este cauce, con objetivos muy claros a corto, medio y largo plazo. Los problemas que van a surgir en la elaboración de este plan anticontaminación, no van a ser teóricos o técnicos, sino esencialmente económicos.

La financiación del grueso de las obras debería recaer en los órganos de la administración central y local, y el mantenimiento de las instalaciones a cargo de los usuarios. La creación de una mancomunidad o asociación voluntaria de municipios y pedanías del sector puede ser una buena alternativa para conseguir una lucha eficiente contra la contaminación. De una forma colectiva se solucionarían los problemas que fueran surgiendo en el mantenimiento temporal de unas directrices establecidas. Esta mancomunidad establecería la distribución equitativa, entre los usuarios de los gastos de explotación y gestión de las instalaciones, según la magnitud y tipo de vertido.

Además, el recorrido del canal de «El Reguerón» a través del sector sur de la huerta de Murcia, le confiere una gran potencialidad de usos. Uno de los grandes problemas que posee en la actualidad la huerta de Murcia es la degradación acelerada de su paisaje agrario. La escasa rentabilidad de los regadíos tradicionales junto con la disminución de la producción de los cultivos, por la baja calidad de las aguas, debido a la contaminación, ha hecho alejarse a este sector de su vocación estrictamente rural.

Los laterales de los muros o motas del canal de «El Reguerón» podrían utilizarse para el establecimiento de un paseo o parque, con instalaciones no permanentes (en previsión de posibles inundaciones) que permitan al murciano reencontrarse con el paisaje de su huerta, conociendo y valorando las distintas componentes de un ambiente rural (fauna, flora, cultivos tradicionales, sistemas de regadío, aparatos elevadores de agua, construcciones, etc.) que forman parte del patrimonio cultural de la Región de Murcia, que ha sido construido durante varios siglos y que hay que conservar.

No obstante, este tipo de soluciones no suelen ser las elegidas por los organismos competentes, que únicamente responden ante situaciones extremas y con medidas puntuales y parciales que no consiguen solucionar el problema, sino encubrirlo cara a la opinión pública. Este es el caso de la situación que atraviesa en la actualidad el canal de «El Reguerón». Hace más de un año que se construyó, como medida provisional, el colector y emisario que desviaba el alarmante vertido de la «Costera Sur» directamente al río Segura para evitar las protestas de los

vecinos de algunas pedanías, sin que hasta la fecha se haya vuelto a abordar este problema de gran repercusión social, económica, sanitaria y ambiental.

AGRADECIMIENTOS

Al personal de la Confederación Hidrográfica del Segura y de la Comisaría de Aguas de la misma Cuenca por la información que nos han proporcionado.

A Ignacio García Más, Ana Furest y Francisco Alcaraz por su ayuda en la determinación de algunos organismos.

BIBLIOGRAFIA

- ALBACETE, L. (1944), *Anteproyecto de defensa de la huerta de Murcia contra las avenidas del río Guadalentín*, Arch. C.H.S. Inédito.
- ANÓNIMO (1879), *La riada de Santa Teresa, 15 de octubre de 1879, por un hijo de Murcia*, Tip. El Album, Murcia, 87 pág.
- ARÉVALO, E. (1933), *Plan Nacional de Obras Hidráulicas*, Dirección Obras Hidráulicas del Segura, inédito.
- BERENGUER, P. A. (1896), *Documentos y noticias para la biografía general del Ingeniero D. Sebastián de Ferigán y Cortés*, Imp. del Memorial de Ingenieros, Madrid.
- BERMEJO, J. (1881), *Historia de la inundación de Levante de octubre de 1879*, Imp. Miguel Guijarri, 229 págs.
- BERNER, L. (1959), «Note préliminaire sur l'expansion de *Potamopyrgus jenkinsi* (Smith) dans la Région Méditerranéenne», *Arch. Moll.*; 88 (4/6), 163-165.
- BESCH, W. K. (1973), «Cartographie écologique des eaux courantes de Bade-Wurtemberg», *Ann. Hydrobiol.*; 4 (1), 1-9.
- BOETTGER, C. R. (1951), «Die Herkunft und Verwandtschaftsbeziehungen der Wasserschnecke *Potamopyrgus jenkinsi* E. A. Smith nebst einer Angabe über ihr Auftreten im Mediterrangebiet», *Arch. Moll.*; 80 57-84.
- CALVO GARCÍA-TORNEL, F. (1968), «La huerta de Murcia y las avenidas del Guadalentín», *P. Depto. Geografía*, Univ. Murcia, 1: 111-137.
- (1982), *Continuidad y Cambio en la Huerta de Murcia*, Acad. Alfonso X el Sabio, 353 págs.
- CARLES, R. (1879), *La riada de Santa Teresa, 15 de octubre de 1879. Historia y detalles de esta horrorosa catástrofe*, Tip. El Album, Murcia, 88 págs.
- CATALÁN, J. (1981), *Química del agua*, Talleres Gráficos Alonso, S. A., 423 págs.
- CHANDLER, J. R. (1970), «A biological approach to water quality management», *Wat. Pollut. Cont.*; 69, 415-422.
- CUMMIS, K. W. (1975), «Macroinvertebrates», en WHITTON, B. A. (Edit.), *River Ecology*, Studies in Ecology, 2: 170-198. Blackwell Scient. Pub., 729 págs.
- DADD, R. H. (1980), «Feeding mechanisms and nutrition of mosquitos», *California Agriculture*, 34 (3): 16.
- ESTEVE, F. (1972), *Vegetación y flora de las regiones central y meridional de la provincia de Murcia*, C.E.B.A.S.; I.O.T.S., 451 págs.
- FRUTOS BAEZA, J. (1934), *Bosquejo histórico de Murcia y su concejo*, Ed. «La Verdad», S. A., Murcia, 267 págs.
- GALL, G. A. E. y otros (1980), «Mosquito fish-an established predator», *California Agriculture*, 34 (3): 21-22.
- GIL OLCINA, A. (1968), *El régimen del río Guadalentín*, Saitabi, 18: 163-182.
- (1972), «Embalses españoles de los siglos XVIII y XIX para riego», *Est. Geográficos*, 129: 557-593.
- (1976), «Introducción geográfica», en *Murcia*, 1-55, Noguer, 394 págs.
- GOODNIGHT, C. (1973), «The use of aquatic macroinvertebrates as indicators of stream Pollution», *Trans. Amer. Micros. Soc.*; 92 (1): 1-13.
- HARKINS, R. D. (1974), «An objective water quality index», *Journ. WPCF*. 46 (3): 588-591.
- HERNÁNDEZ, A. (1885), *Inundaciones de la huerta de Murcia. Juicio sobre su frecuente repetición de pocos años a esta parte; sus terribles desastres, sus causas y remedios, por...*, Imprenta «El Diario», Murcia, 61 págs.



- HYNES, H. B. N. (1960), *The Biology of polluted Waters*, Liverpool, 202 págs.
- IBÁÑEZ, M. y ALONSO, M. R. (1977), «Geographical distribution of Potamopyrgus jenkinsi (Smith, 1889). (Prosobranchia: Hydrobiidae) in Spain», *Journ. Conch.* 29: 141-146.
- INTECSA (1980), *Estudio de la contaminación industrial del río Guadalentín y bases para la reducción de dicha contaminación por medidas correctoras internas o externas, individuales o colectivas*, Ministerio de Industria y Energía.
- JENSEN, F. y AAGAARD, P. (1981), «A critical comparison of some indices used for measuring stream pollution», *Natura Jutlandica*, 19: 147-160.
- KOLKOWITZ, R. y MARSSON, M. (1902), «Grundsatzliches für die biologische Beurteilung des Wassers nach seiner Flora und Fauna», *Mitt. K. Prufanst. Wasserversorg. Abwasserbes. Berlin-Dahlem*, 1-33.
- LÓPEZ BERMÚDEZ, F. (1973), *La Vega Alta del Segura. Clima, Hidrología, Geomorfología*, Departamento Geografía, Universidad de Murcia, 288 págs.
- y otros (1981), «Inundaciones catastróficas, precipitaciones torrenciales y erosión en la provincia de Murcia», *P. Depto. Geografía*, Univ. Murcia, 8: 49-91.
- MARGALEF, R. (1969), «El concepto de polución en Limnología y sus indicadores biológicos», *Documentos de Investigación Hidrológica. Suplemento de AGUA*, 7: 105-133.
- y otros (1976), *Limnología de los embalses españoles*, Dirección General de Obras Hidráulicas, Ministerio de Obras Públicas, Madrid, 422 págs.
- METRICK, D. F.; BODDINGTON, M. J. y GELDER, S. R. (1970), «Distribution of freshwater Triclad (Plathelminthes: Turbellaria) in central-southern Ontario», *Proc. Conf. Great Lake Res.*; 13: 71-81.
- MONTES, C.; RAMÍREZ, L. y SOLER, A. G. (1980), «Las taxocenosis de Coleópteros acuáticos como indicadores ecológicos en el río Rivera de Hueva (Sevilla): Aspectos metodológicos», *An. Univ. (Murcia) Ciencias*. 34 (1-2-3-4): 23-40.
- NISBET, M. y VERNEAUX, J. (1970), «Composantes chimiques des eaux courantes. Discussion et proposition de classes en tant que bases d'interprétation des analyses chimiques», *Ann. Limnol.* 6 (2): 161-190.
- O.M.S. (1979), *Virus humanos en el agua. Aguas servidas y suelo*. Serie de Informes Técnicos, O.M.S., 639: 52 págs.
- REVERTE SALINAS, I. (1974), *La Provincia de Murcia*, Nogués, Murcia, 663 págs.
- REYNOLDS, T. B. (1978), «A Key to British species of freshwater Triclad», *Freshw. Biol. Assoc.*; 23: 31 págs.
- SAWYER, R. T. (1974), «Leeches (Annelida: Hirudinea)», en HART, C. W. y FULLER, L. H., *Pollution Ecology of Freshwater Invertebrates*, 81-142, Acad. Press., 389 páginas.
- SLÁDEČEK, V. (1973), «System of Water Quality from the Biological Point of View», *Arch. Hydrobiol. Beiheft*, 7.
- SOLER, A.; SÁEZ, J.; HERRAIZ, J. A., y MORENO, M. D. (1980), «Estudio sobre características de vertidos líquidos industriales al río Guadalentín», en: INTECSA, *Estudio de la contaminación industrial del río Guadalentín y bases para la reducción de dicha contaminación por medidas correctoras internas o externas, individuales o colectivas*, Ministerio de Industria y Energía.
- TORRES, J. (1973), «La huerta de Murcia y su desarrollo histórico», en *El Libro de la Huerta*, Junta Central del Bando de la Huerta y Excmo. Ayuntamiento de Murcia (Edit.), Nogués, 144 págs.
- WASSON, J. G. (1977), «Quelques aspects de l'écologie d'une rivière polluée: l'Isère dans la région grenobloise», *Trav. Lab. Hydrobiol.*; 66-68: 119-161.
- WILSON, J. H. y DICSON, K. L. (1977), «Water quality at five proposed industrial sites of Roadnoke and new rivers», *Virginia Water Res. Cent. Bull.*; 84: 79 págs.
- ZAPATA, M. y SEMPERE, A. (1978), *La Huerta de Murcia al desnudo*, Acad. Alfonso X el Sabio, 182 págs.

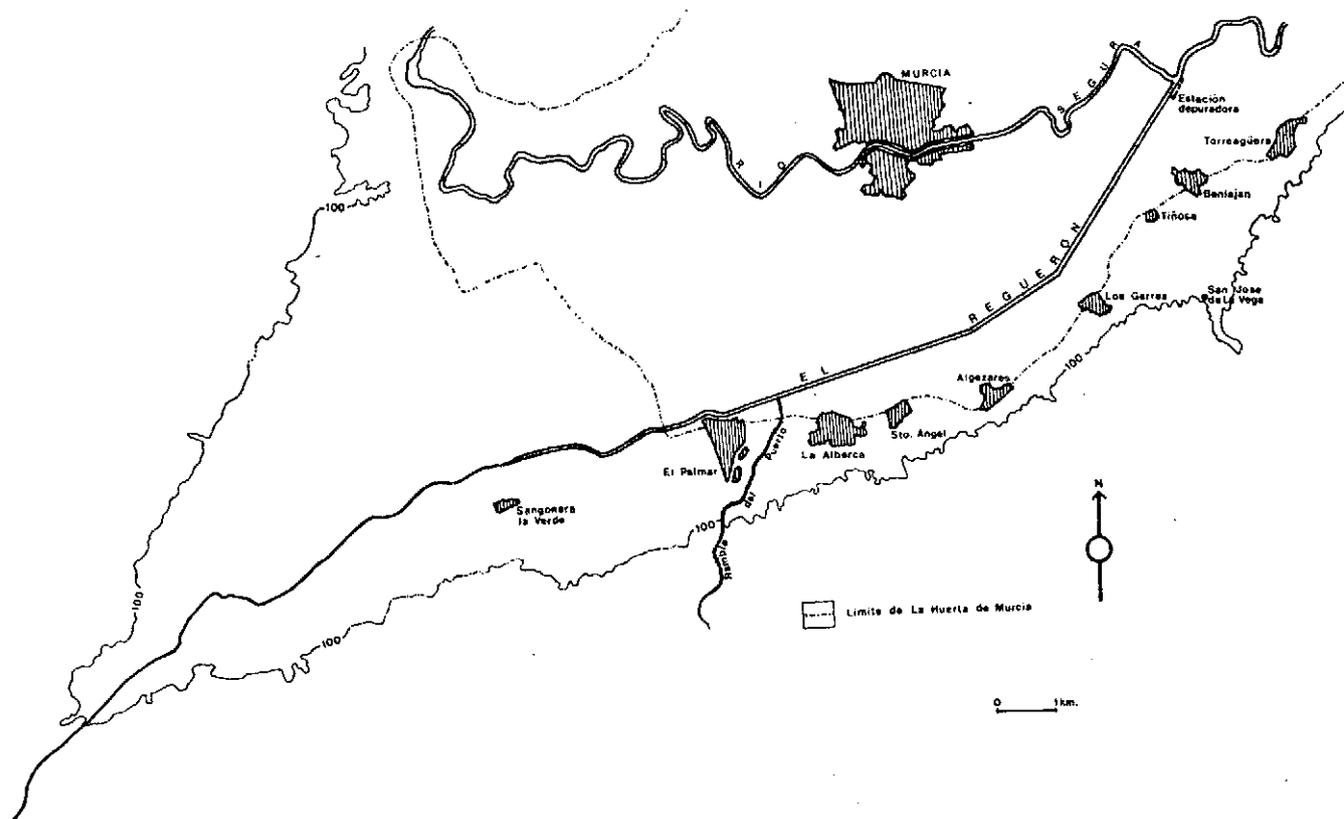


Figura 2. Recorrido actual del canal de «El Reguerón», indicando las pedanías más importantes, «Costera Sur», que conducen sus efluentes a la estación depuradora de Beniaján. Se representa el recorrido del emisario que lleva en la actualidad todos los vertidos desde la estación depuradora hasta el río Segura.

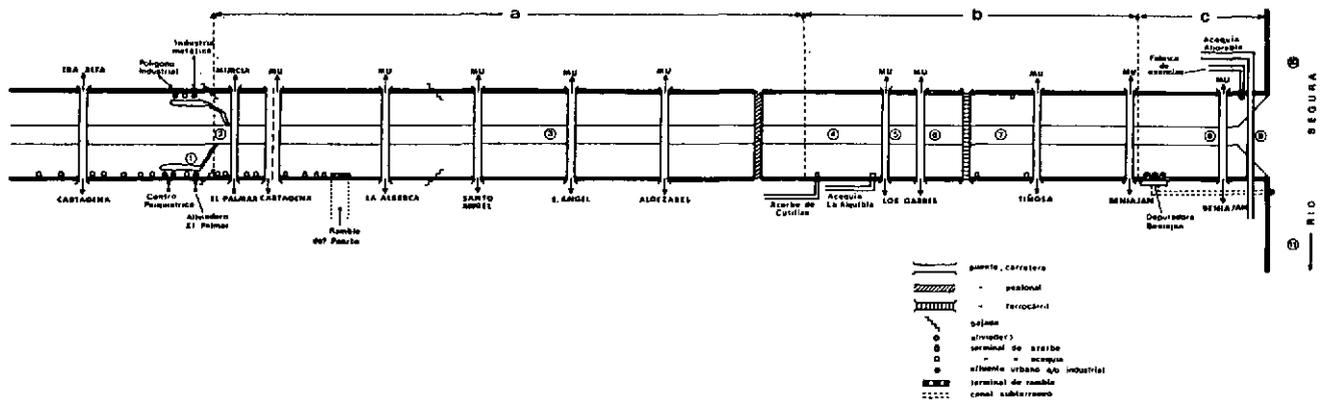


Figura 3. Inventario y relación de usos del canal de desagüe "El Reguerón". Se indica la localización de las estaciones de muestreo. Para mayor explicación, ver texto.

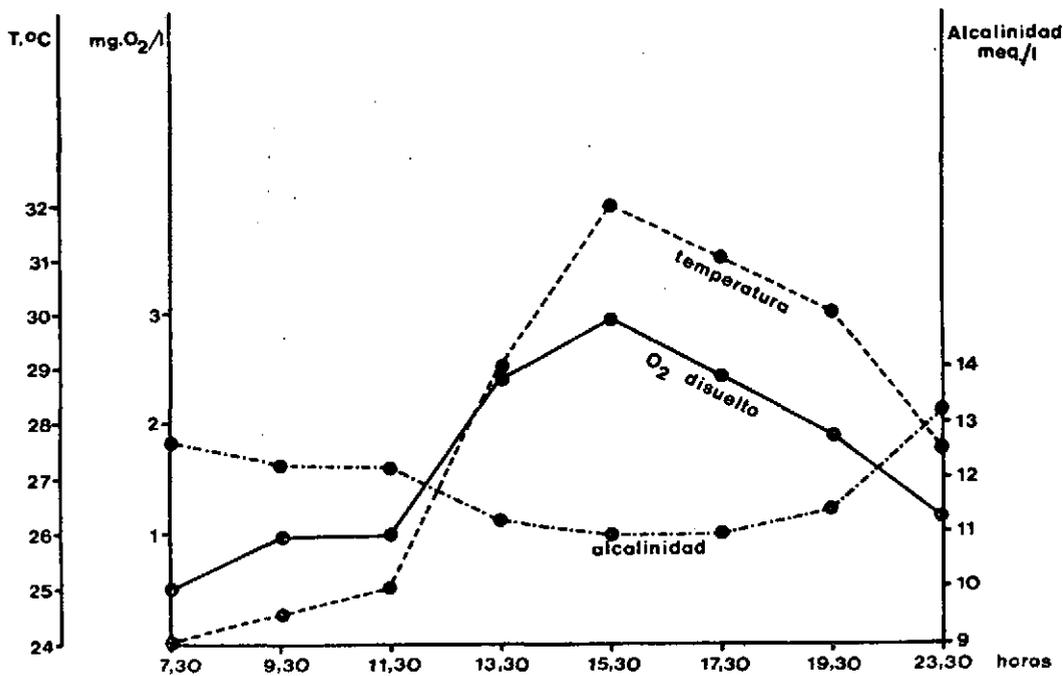


Figura 4. Pulso diario de varios parámetros físico-químicos medidos en el sector de aguas de riego del canal de «El Reguerón».

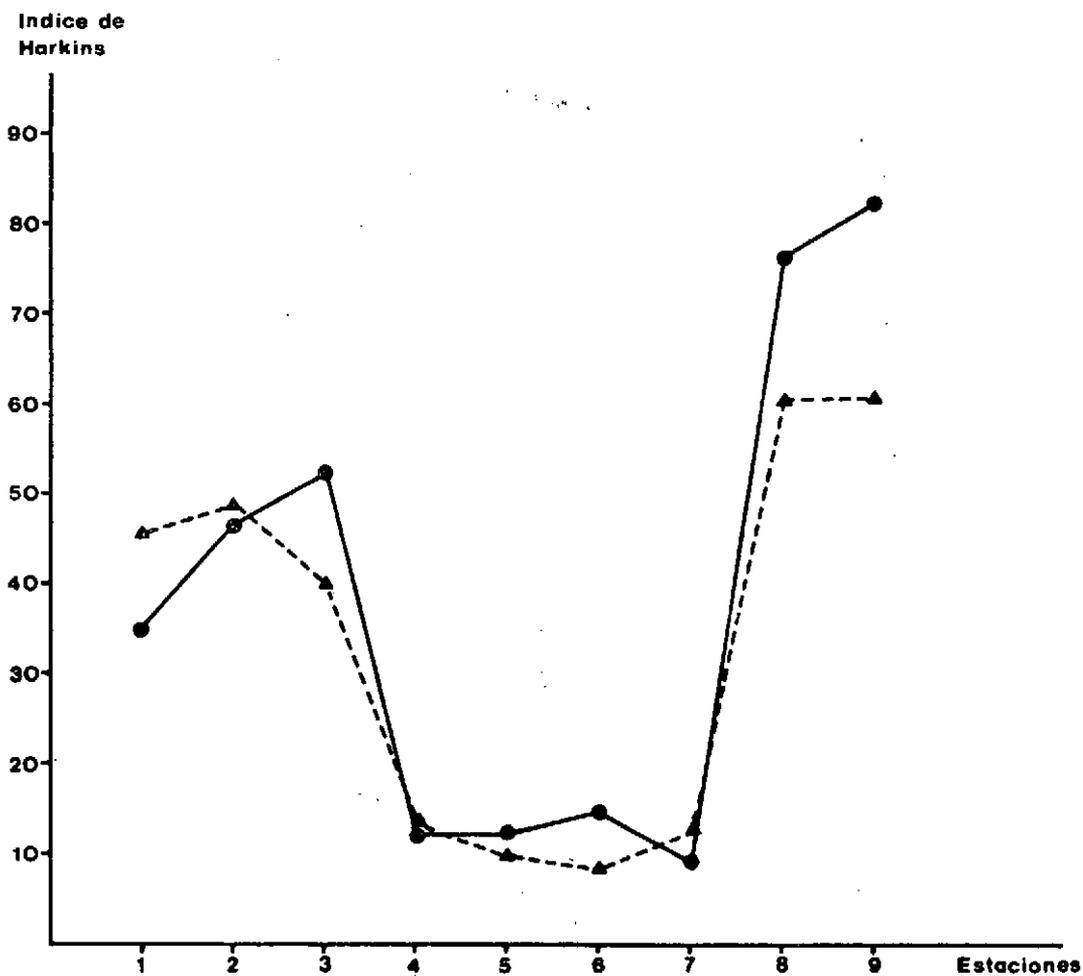


Figura 5. Distribución longitudinal de los valores del índice de calidad físico-química de Harkins a lo largo del cauce del Reguerón. Círculos: muestras de invierno; triángulos: muestras de verano.

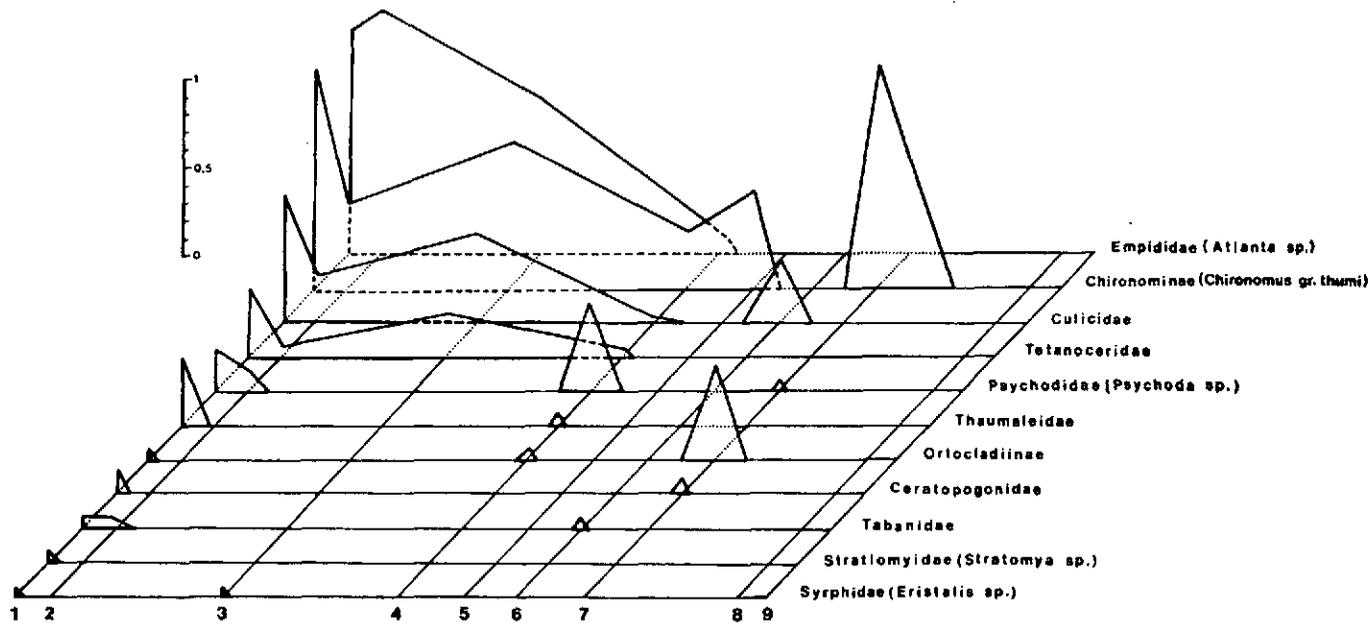


Figura 6. Repartición de la abundancia relativa de varias familias de Dípteros a lo largo del cauce de «El Reguerón».

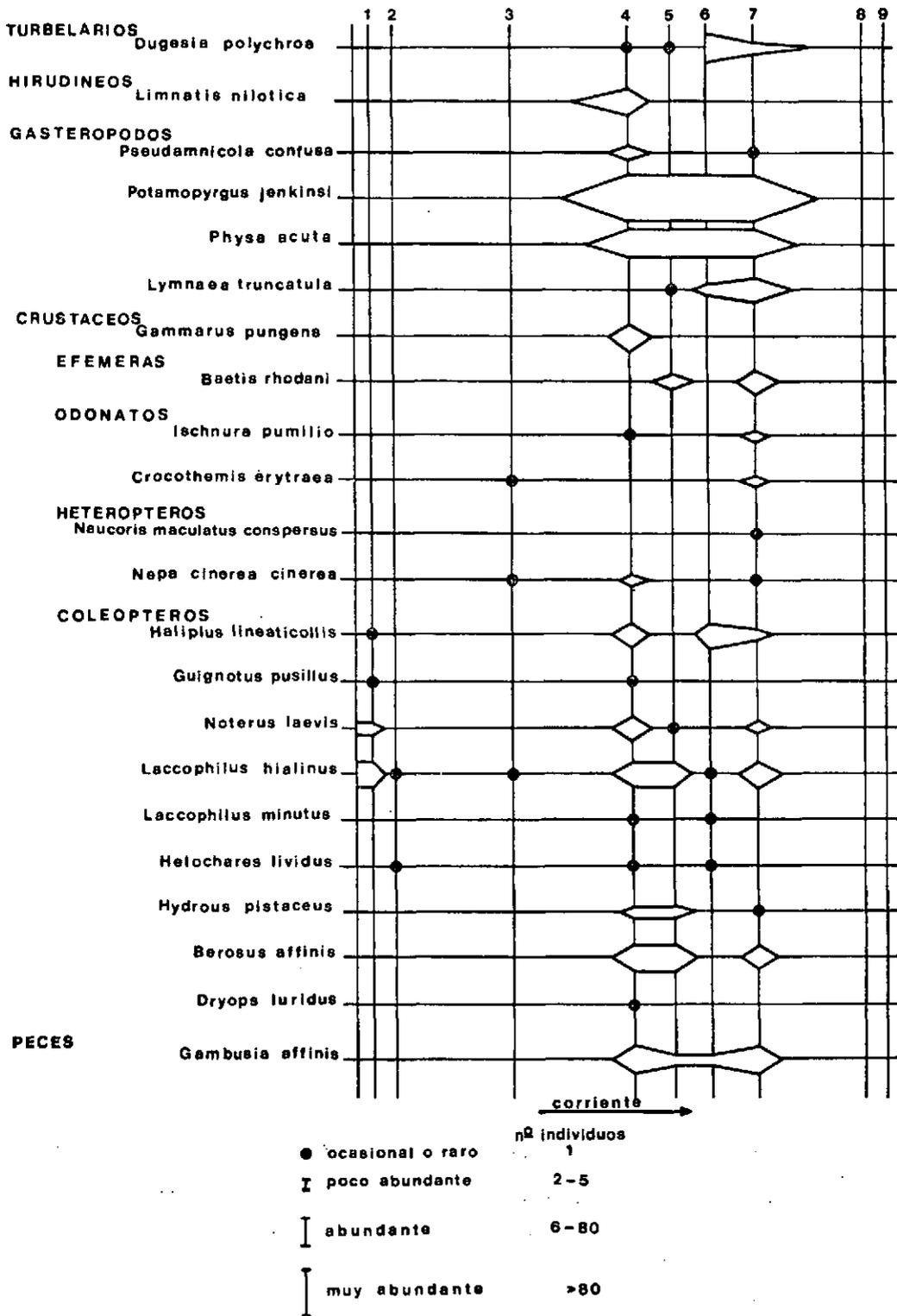


Figura 7. Distribución, a lo largo del canal, de la abundancia relativa de varias especies de macroinvertebrados acuáticos (se incluye la gambusia).

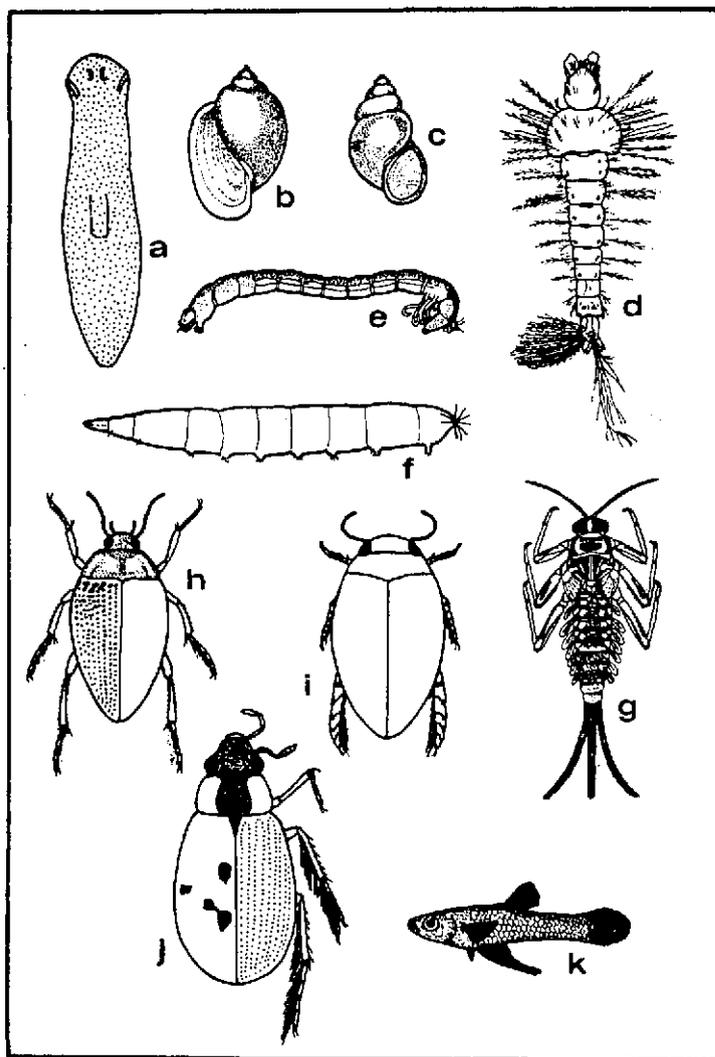


Figura 8. Animales característicos del canal de «El Reguerón»:

- a) *Dugesia polychroa* (según Tachet, H. y otros, 1980, *Introduction à l'étude des Macroinvertébrés des eaux douces*. Univ. C. Bernard, Lyon, I).
- b) *Physa acuta* (según Mouthon, J., 1982, *Bull Français de Pisciculture*, número spécial).
- c) *Potamopyrgus jenkinsi* (según Mouthon, J. 1982, *Bull. Français de Pisciculture*, número spécial).
- d) Larva de *Anopheles* sp. (según Segury, E., 1923, *Histoire Naturelle des Moustiques de France*, E.D.M.).
- e) Larva de *Chironomus* del grupo *thummi* (según Hynes, H. B. N., 1960, *The Biology of Polluted Waters*, Liverpool).
- f) Larva de Empididae (según Bertrand, H., 1954, *Les Insectes Aquatiques d'Europe*, vol. II, P. Lechevalier Ed.).
- g) Larva de *Baetis rhodani* (según Hynes, H. B. N., 1960, *The Biology of Polluted Waters*, Liverpool).
- h) *Haliphus lineaticollis*.
- i) *Laccophilus hyalinus*.
- j) *Berosus affinis*.
- k) *Gambusia affinis* (según Lozano, L., 1952, *Los Peces Fluviales de España*, Ministerio de Agricultura).

Índice de
Chandler

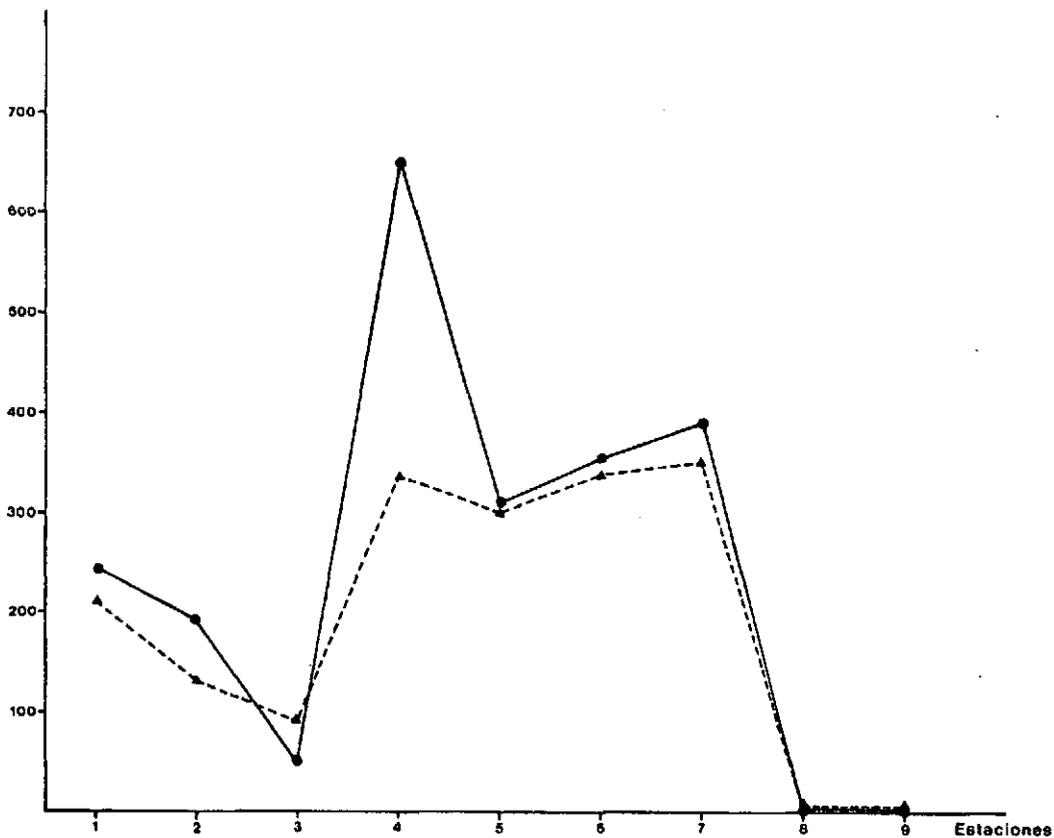


Figura 9. Distribución longitudinal de los valores del Índice de Calidad Biológica de Chandler, a lo largo del cauce de «El Reguerón». Círculos: muestras de invierno; triángulos: muestras de verano.

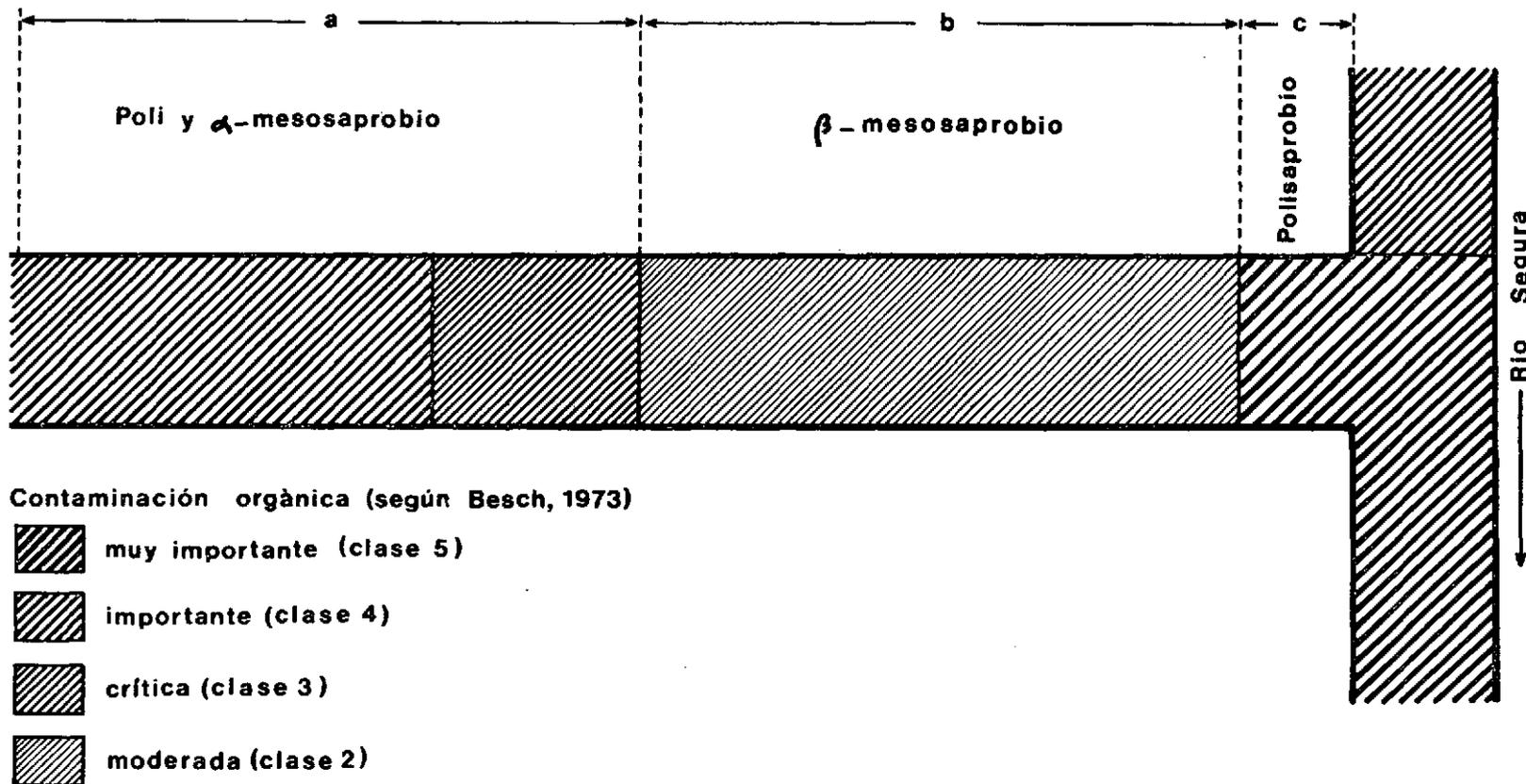


Figura 10. Zonas delimitadas en el canal de «El Reguerón», según el grado de contaminación orgánica.

TABLA 1

VALORES DE 24 PARAMETROS FISICO-QUIMICOS Y BIOLOGICOS ANALIZADOS EN LAS AGUAS DEL CANAL DE "EL REGUERON" Y DEL RIO SEGURA

	1		2		3		4		5		6		7		8		9		10		11									
	VE ¹	IN ²	VE	IN	VE	IN	VE	IN	VE	IN	VE	IN	VE	IN	VE ³	IN ⁴	VE	IN	VE	IN	VE	IN	VE	IN	VE	IN	VE	IN		
Profundidad (cm)	20,0	5,0	15,0	8,0	7,7	7,8	40,0	15,0	25,0	30,0	10,0	15,0	10,0	10,0	62,0	54,4	23,0	21,0	62,0	59,0	27,0	26,0	72,0	67,0	79,0	68,0	75,0	70,0	89,0	72,0
Corriente (cm/s)	0,0	0,0	18,0	12,5	9,0	8,0	8,0	10,0	18,0	15,0	15,0	15,0	10,0	10,0	34,0	38,0	15,0	19,0	29,0	28,0	8,0	18,0	31,0	30,0	47,0	30,0	32,0	31,0	45,0	32,0
Temperatura (°C)	23,0	7,0	24,0	7,0	23,0	7,0	25,0	11,0	21,0	11,0	22,0	10,0	24,0	14,0	26,0	10,0	27,0	18,0	28,0	16,0	30,0	20,0	25,0	15,0	26,0	12,0	26,0	16,0	26,0	13,0
Transparencia (%)	92,0	94,0	70,0	76,0	72,0	73,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	30,0	34,0	45,0	52,0	32,0	35,0	49,0	52,0	30,0	34,0	36,0	40,0	28,0	28,0	22,0	31,0
Mat. Susp. (mg/l)	93,3	86,0	115,8	94,0	112,0	71,0	20,5	24,0	20,0	17,0	19,5	17,0	18,0	12,0	121,0	108,0	72,0	68,0	119,0	89,0	74,0	66,0	74,0	81,0	87,0	91,0	96,0	85,0	144,0	139,0
pH	7,2	7,8	7,2	7,7	7,7	7,8	7,0	7,5	7,3	7,6	7,5	7,5	7,0	7,8	7,4	7,1	7,4	7,5	6,9	7,0	7,2	7,4	7,0	7,3	7,3	7,2	7,2	7,5	7,1	7,3
Conductividad (µS-cm ⁻¹)	1600	1500	1680	1570	1850	1580	970	880	1050	980	1020	1000	1100	1080	2215	2200	1700	1680	2300	2300	1970	1950	950	1050	1150	1140	1970	1850	2100	2060
Cloruros (mg/l)	221,8	218,0	224,6	218,9	225,6	218,6	101,5	98,8	124,1	100,6	122,4	102,1	152,2	143,2	283,2	282,1	216,1	215,7	290,0	291,8	228,4	223,2	98,8	124,0	154,3	151,0	210,5	199,9	270,0	265,6
Alcalinidad (meq/l)	9,0	8,7	12,0	8,5	12,8	9,2	4,9	5,3	4,9	5,2	5,6	5,9	4,5	5,4	10,3	9,7	6,8	6,0	10,6	9,8	6,8	6,7	9,0	5,6	6,2	7,1	9,8	9,0	10,1	10,0
Dureza (°F)	54,0	66,0	70,0	68,0	65,0	54,0	51,0	48,0	51,0	50,0	20,0	22,0	38,0	54,0	84,0	69,0	98,0	76,0	76,0	70,0	96,0	76,0	54,0	68,0	68,0	65,0	72,0	75,0	105,0	97,0
Calcio (mg/l)	137,6	168,0	188,5	190,7	162,0	115,2	99,3	95,7	104,1	103,2	40,2	44,4	52,9	118,0	196,6	146,1	190,7	173,8	166,7	137,6	184,4	171,5	102,9	154,8	151,2	144,9	140,8	160,4	213,7	195,4
Magnesio (mg/l)	47,6	58,3	55,6	49,4	59,5	61,2	63,6	58,5	60,7	58,8	61,1	63,4	24,2	26,5	84,7	78,9	122,3	79,1	83,4	86,5	121,3	80,5	68,7	71,2	73,4	69,9	89,4	84,8	125,3	119,4
O ₂ dis. (mg/l)	2,4	0,4	1,7	0,2	0,6	1,6	4,7	4,1	5,6	5,4	4,7	5,2	6,9	9,7	0,9	1,1	3,5	5,6	1,2	1,9	4,3	5,6	3,1	3,7	3,8	3,7	1,8	2,6	2,0	3,2
Sat. O ₂ (%)	27,9	3,0	19,6	1,6	6,5	13,0	56,3	37,0	62,1	49,0	52,9	46,2	80,7	93,3	11,0	9,4	43,7	58,5	14,7	18,7	56,4	60,9	37,5	36,7	46,2	34,4	21,8	26,1	24,3	29,8
D.B.O. ₅ (mg O ₂ /l)	285,7	230,1	315,0	286,1	302,0	202,0	51,2	36,8	36,2	35,3	45,4	32,6	24,8	19,7	380,0	265,0	177,0	148,0	365,0	220,6	181,0	162,4	124,0	147,8	115,5	132,0	194,3	165,0	340,0	312,0
D.Q.O. (mg O ₂ /l)	35,5	38,2	42,2	38,9	41,6	43,4	7,6	8,3	4,0	3,1	4,8	4,1	3,2	2,8	62,4	58,2	29,7	31,3	63,4	58,5	28,6	30,8	37,1	43,8	41,4	47,4	48,8	50,0	69,3	61,6
Nitratos µg. a t/l	0,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	43,2	15,5	38,7	7,5	33,5	6,0	40,1	12,5	0,9	1,0	51,4	20,3	1,4	0,5	49,1	23,2	45,9	11,8	34,6	19,7	16,6	8,2	18,7	1,50
Nitritos (µg-at/l)	34,1	23,5	21,6	10,6	1,6	20,1	4,9	8,3	5,0	15,4	2,5	1,8	6,1	15,1	31,5	21,6	26,9	6,9	39,8	24,6	16,1	7,4	4,5	22,9	10,1	17,5	15,3	25,1	29,1	39,2
Amonio (µg-at/l)	2000,6	2046,8	1460,2	1261,4	624,4	1117,2	336	382,2	439,6	96,6	319,2	134,4	19,6	85,4	2000,6	2046,8	756	543,2	2399,6	2574,6	799,4	844,2	299,6	268,8	964,6	800,8	1262,8	1530,2	1474,2	2101,4
Fosfatos (µg-at/l)	98,2	87,3	125,2	103,0	112,7	91,0	28,4	19,8	30,1	23,6	4,6	5,3	3,8	5,1	151,3	138,0	56,5	52,3	148,8	151,0	61,2	64,0	56,2	47,0	92,0	68,0	98,6	83,6	129,0	116,2
Sulfatos (µg-at/l)	556,4	624,1	529,9	560,0	618,6	632,0	928,3	836,0	936,0	893,0	927,8	883,1	824,0	748,0	1,236	1,120	835,0	928,3	1,328	1,240	910,7	896,0	961,0	896,0	950,0	928,0	1,186	1,140	1,230	1,212
Silicatos (µg-at/l)	316,9	225,6	310,3	218,0	321,7	289,3	206,1	208,0	194,0	169,0	202,8	192,0	236,0	187,0	169,2	158,0	156,3	161,8	165,8	162,1	154,0	158,0	133,0	125,6	108,7	115,2	149,8	138,2	131,0	140,0
Clorofila «a» (mg/cm ³)	9,7	1,4	5,6	1,5	3,7	2,7	39,4	2,3	24,6	1,6	33,8	4,4	21,7	1,9	1,4	1,1	27,4	12,3	1,3	1,5	19,1	10,1	2,8	3,1	6,8	2,9	2,1	1,9	2,0	1,1
D ₄₃₀ /D ₆₈₅	4,3	3,7	5,8	6,7	5,3	4,9	2,6	4,9	3,3	4,2	2,4	4,2	3,7	4,5	9,4	7,3	3,5	4,5	6,1	6,7	3,3	4,5	6,5	4,9	5,8	5,0	5,3	6,2	6,0	6,8

¹ Muestras de verano recogidas en agosto de 1980, cuando la depuradora vertía su efluente, sin tratar, a «El Reguerón».
² Muestras de invierno recogidas en diciembre de 1980, cuando la depuradora vertía su efluente, sin tratar, a «El Reguerón».
³ Muestras de verano recogidas en agosto de 1981, cuando la depuradora vertía su efluente, sin tratar, al río Segura.
⁴ Muestras de invierno recogidas en diciembre de 1981, cuando la depuradora vertía su efluente, sin tratar, al río Segura.



TABLA 2

VALORES DEL INDICE DE CALIDAD FISICO-QUIMICA DE HARKINS Y DEL INDICE BIOTICO DE CHANDLER, EN LAS AGUAS DE VARIAS ESTACIONES DEL CANAL DE «EL REGUERON» Y DEL RIO SEGURA

	8		9		10		11									
	VE ¹	IN ²	VE ³	IN ⁴	VE	IN	VE	IN								
Indice de Harkins	77	61	30	23	79	61	30	26	25	22	30	30	51	46	72	66
Indice de Chandler.	0	0	136	267	0	0	21	40	—	—	170	30	—	—	38	0

¹ Muestras de verano recogidas en agosto de 1980, cuando la depuradora vertía su efluente, sin tratar, a «El Reguerón».

² Muestras de invierno, recogidas en diciembre de 1980, cuando la depuradora vertía su efluente, sin tratar, a «El Reguerón».

³ Muestras de verano recogidas en agosto de 1981, cuando la depuradora vertía su efluente, sin tratar, al río Segura.

⁴ Muestras de invierno recogidas en diciembre de 1981, cuando la depuradora vertía su efluente, sin tratar, al río Segura.



A P E N D I C E (*)

<i>Fecha</i>	<i>Acontecimiento</i>	<i>Referencia</i>
1645	Planteamiento de la desviación de las aguas del Guadalentín al Mediterráneo.	Calvo García-Tornel, 1982.
1647	Intento de construcción de un embalse en el río Guadalentín. Las obras fueron destruidas por una riada.	Gil Olcina, 1976.
14-X-1651	Riada de S. Calixto a partir de la cual se propone, definitivamente, la desviación de las aguas del Guadalentín al Mediterráneo.	Carles, 1879. Frutos Baeza, 1943.
Final s. XVII	Se construye un muro de contención en Sangonera, como defensa del Guadalentín.	Calvo García-Tornel, 1982.
1714	Proyecto de obras para la desviación del Guadalentín.	Torres, 1973.
6 y 7-XI-1733	Riada de Ntra. Sra. de los Reyes, a partir de la cual se proyecta y comienza la construcción de «El Reguerón» por el ingeniero Ferigán.	Berenguer, 1896. «El Libro de las Cartas Reales», 1737.
27-IV-1735	Se reanudan las obras de construcción de «El Reguerón», paralizadas por gestiones del marqués de Beniel.	Berenguer, 1896.
IX-1745	Finalizan las obras de construcción de «El Reguerón» con trazado distinto al actual. Terminaba el muro en el azarbe del Malcón.	Arévalo, 1933.
1-III-1785	Proyecto definitivo de construcción del embalse de Puentes y de Valdeinfierno.	Calvo García-Tornel, 1982.
15-VIII-1788	Entrada en marcha del embalse de Valdeinfierno.	Calvo García-Tornel, 1982. Gil Olcina, 1968.
8-XII-1788	Entrada en marcha del embalse de Puentes	Calvo García-Tornel, 1982.
30-IV-1802	Rotura del embalse de Puentes. El de Valdeinfierno estaba casi aterrado.	Frutos Baeza, 1934. Gil Olcina, 1976.
6-IX-1825	Rotura de «El Reguerón» por una riada.	Hernández, 1885.
1826	Obras de reconstrucción de «El Reguerón». Se prolongan los muros.	Arévalo, 1933.
22-X-1876	Nueva rotura de «El Reguerón» por otra riada.	López Bermúdez y otros, 1981.
28-VI-1877	Nueva inundación, debida en parte a que «El Reguerón» estaba aterrado y sólo tenía capacidad para desaguar 60 m ³ /s. Este acontecimiento provoca la construcción del llamado «Zanjón de la muerte» o «del Diablo».	Hernández, 1885.

(*) Relación de los sucesos más importantes ocurridos en el canal de «El Reguerón» desde su construcción. Asimismo, se indican sus fuentes bibliográficas.

<i>Fecha</i>	<i>Acontecimiento</i>	<i>Referencia</i>
1878	Construcción del «Zanjón de la muerte». Se trataba de una prolongación para desaguar «El Reguerón» en el río Segura, tal y como se encuentra en la actualidad.	Arévalo, 1933.
Otoño 1878	Tres riadas sucesivas destruyen «El Reguerón».	Hernández, 1885.
14-X-1879	Riada de Sta. Teresa. «El Reguerón» desaguó en el Segura de 30 a 40 millones de m ³ /s. Este año comienzan las obras de reconstrucción de Puentes.	Anónimo, 1879. Bermejo, 1881. Gil Olcina, 1976.
5-V-1884	Las aguas del Guadalentín suben 3 m. Nueva rotura de «El Reguerón».	Hernández, 1885.
22-V-1884	Queda reconstruida la presa del embalse de Puentes.	Gil Olcina, 1976.
VIII-1886	Termina el proyecto de defensa contra las inundaciones de Levante.	Arévalo, 1933.
19-III-1895	Proyecto, a partir del anterior, de modificación del canal de «El Reguerón», consistente en el ensanche y profundización de su caja.	Arévalo, 1933.
1898	Finaliza la construcción del canal de derivación de Totana.	Torres, 1973.
1918	Construcción definitiva de la nueva presa del Paretón, en Totana, con capacidad para desaguar 300 m ³ /s hasta el mar por la llamada Rambla de las Móreras.	Gil Olcina, 1976. Reverte Salinas, 1974.
10-X-1921	Rotura de «El Reguerón» por otra riada.	Diario «La Verdad», 12-XII-1943.
14-IX-1942	Nueva riada y rotura de la margen derecha de «El Reguerón».	Albacete, 1944.
1944	Se amplía la capacidad de «El Reguerón» a 300 m ³ /s.	Albacete, 1944.
21-IV-1946	Nueva inundación. «El Reguerón» transportaba 400 m ³ /s.	Diario «La Verdad», 23-X-1946.
II-1949	Riada y nueva rotura de «El Reguerón».	Diario «La Verdad», 5-X-1950.
X-1950	Riada e inundación, por no haber finalizado las obras de reconstrucción de «El Reguerón».	Diario «La Verdad», 19-X-1950.
19-IV-1951	Obras de reconstrucción y refuerzo de «El Reguerón».	Diario «La Verdad», 19-IV-1951.
III-1969	Proyecto de construcción para el abastecimiento, distribución y alcantarillado de Murcia y 31 pedanías de la huerta. Proyecto de la estación depuradora de Beniján.	Excmo. Ayuntamiento de Murcia. Confederación Hidrográfica del Segura.

<i>Fecha</i>	<i>Acontecimiento</i>	<i>Referencia</i>
1973	Puesta en funcionamiento de la depuradora de Beniaján, I Fase, con capacidad para 50.000 habitantes equivalentes. Las aguas depuradas serían conducidas por «El Reguerón» al río Segura.	Confederación Hidrográfica del Segura.
19-X-1973	Riada y rotura de «El Reguerón».	Diario «La Verdad», 20-X-1973.
13-V-1975	Entrada en funcionamiento de la Ciudad Sanitaria «Virgen de la Arrixaca», con capacidad para 1.000 camas. El colector va unido al de la «Costera Sur».	Diario «La Verdad», 13-V-1975.
29-VII-1977	Protesta de 200 vecinos de Beniaján por los olores que despiden la depuradora.	Diario «La Verdad», 29-VII-1977.
18-VIII-1977	Comienzan las obras de ampliación de la depuradora de Beniaján, al tiempo que se paralizan las instalaciones.	Diario «La Verdad», 18-VIII-1977.
15-VI-1978	La II Fase de la depuradora continúa en construcción. Se vierten a «El Reguerón» 15 millones de litros diarios de aguas residuales sin depurar.	Diario «La Verdad», 15-VI-1978.
1978	Se realizan las obras de reconstrucción en el primer tramo de «El Reguerón», con la construcción de aliviaderos y terminales para la salida de aguas de distinta procedencia.	Observación personal.
29-IX-1980	Puesta en marcha de la II Fase de la depuradora de Beniaján con capacidad para 25.000 habitantes equivalentes.	Confederación Hidrográfica del Segura. Informe 9-I-1981.
17-XI-1980	Nueva puesta en marcha de la I Fase de la depuradora de Beniaján con capacidad para 50.000 habitantes equivalentes.	Confederación Hidrográfica del Segura. Informe 9-I-1981.
1-XII-1980	A partir de las protestas de los vecinos se paralizan las instalaciones. Las aguas, sin depurar, vierten directamente a «El Reguerón».	Confederación Hidrográfica del Segura. Informe 9-I-1981.
20-II-1981	Se aprueba, en reunión del Ayuntamiento de Murcia, la instalación de un colector que lleve el 50 por 100 del caudal que llega a la depuradora directamente al río Segura sin depurar.	Ayuntamiento de Murcia, sesión del 20-II-1981.
VI-1981	Se construye el colector que llevará el 50 por 100 del efluente, sin depurar, al río Segura.	Diario «Línea», 11-VI-1981.
IV-1982	El Ayuntamiento de Murcia conviene, con la Confederación Hidrográfica del Segura, que la depuradora funcione al 75 por 100 de su capacidad.	Diario «Línea», 26-VI-1982.
26-VI-1982	La depuradora de Beniaján sigue sin funcionar. El efluente de la «Costera Sur», íntegro y sin depurar, vierte sus aguas en el río Segura.	Diario «Línea», 26-VI-1982.