



A. BUSTOS ARAGON

Doctor en Ciencias Químicas

J. LONGAS MARIN

Doctor Ingeniero Agrónomo

J. CABO RAMON

Doctor en Medicina y Cirugía

J. MORA DURAN

Licenciada en Ciencias Químicas

*Centro de Investigaciones del Agua
Consejo Superior de Investigaciones
Científicas, C.S.I.C.*

Estudio de la calidad de las aguas del río Henares

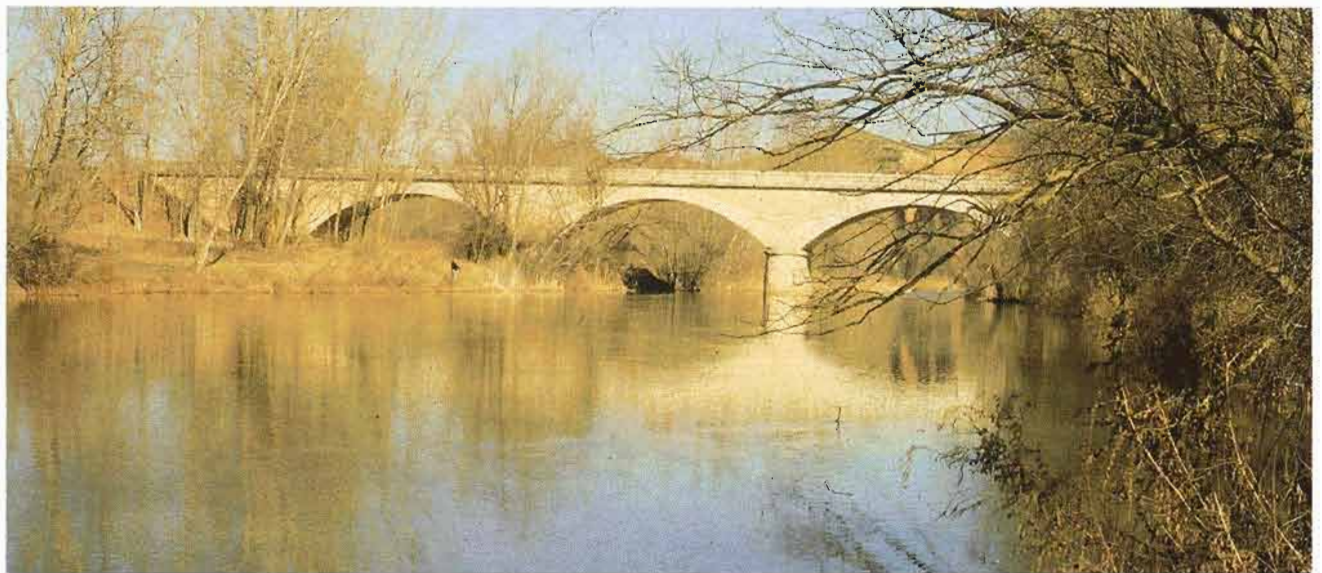
DENTRO de la cuenca del Tajo, el río Henares, afluente del Jarama, presenta un gran interés para su estudio desde el punto de vista de la calidad de sus aguas, puesto que discurre por zonas muy poco pobladas y de escaso desarrollo industrial y zonas con características totalmente opuestas, con bastante población y una gran concentración de industrias muy diversificadas.

El objetivo de este trabajo fue estudiar la calidad del agua del río Henares en el "tramo industrial" que se extiende desde Guadalajara hasta su desembocadura en el Jarama. Las fechas de muestreo, 1984, hacen particularmente interesante este estudio, puesto que las conclusiones se refieren a una época en la cual todavía no se encontraban en funcionamiento las instalaciones depuradoras y colectores desarrollados en el Plan Integral de las Aguas en Madrid. Será interesante comparar los datos de calidad de este estudio

con los datos futuros, cuando estén en pleno rendimiento las instalaciones de depuración previstas en el Plan.

BREVE DESCRIPCION DEL TRAMO ESTUDIADO

El tramo escogido comienza en el puente de la carretera Humanes-Torre del Burgo y llega hasta su desembocadura en el río Jarama, con un recorrido de unos 70 Km. En líneas generales, el tramo considerado comprende dos zonas claramente diferenciadas. La primera, hasta Guadalajara, con vertidos escasos y casi exclusivamente urbanos, y la segunda, con vertidos urbanos e industriales. El contraste entre los datos analíticos de las dos zonas pone de manifiesto la influencia en la calidad de las aguas fluviales de los vertidos de los núcleos urbanos e industriales de Guadalajara, Alcalá de Henares, Torrejón de Ardoz, etc.



Arriba: Desembocadura de un antiguo colector después de Guadalajara.

Abajo: Aspecto del río en las inmediaciones de Fontanar. En este punto, el río ha recibido los vertidos de las poblaciones de Humanes, Mohernando, Yunquera y Fontanar, incrementando su carga orgánica

Los diversos puntos de muestreo se escogieron con el criterio de estudiar la influencia de los principales vertidos y la capacidad de autodepuración de la corriente.

PUNTOS DE MUESTREO

0. Puente de la carretera Humanes-Torre del Burgo.
1. Puente de la carretera Fontanar-Tórtola.
2. Puente de la carretera N-II Madrid-Zaragoza.
3. Puente de la carretera a Chiloeches.
4. Puente a Los Santos de la Hunosa.
5. Puente Zulema (carretera Loeches-Alcalá).
6. Después del vertido de la estación depuradora de Alcalá de Henares.
7. Antes del puente de la carretera Loeches-Torrejón, aguas arriba del arroyo Ardoz.
8. Puente del ferrocarril a Mejorada.

En los mapas que se acompañan, se indican los puntos de toma de muestras, así como el volumen aproximado de vertidos urbanos e industriales más importantes que se registran entre los diferentes puntos de muestreo (Mapas 1 y 2).



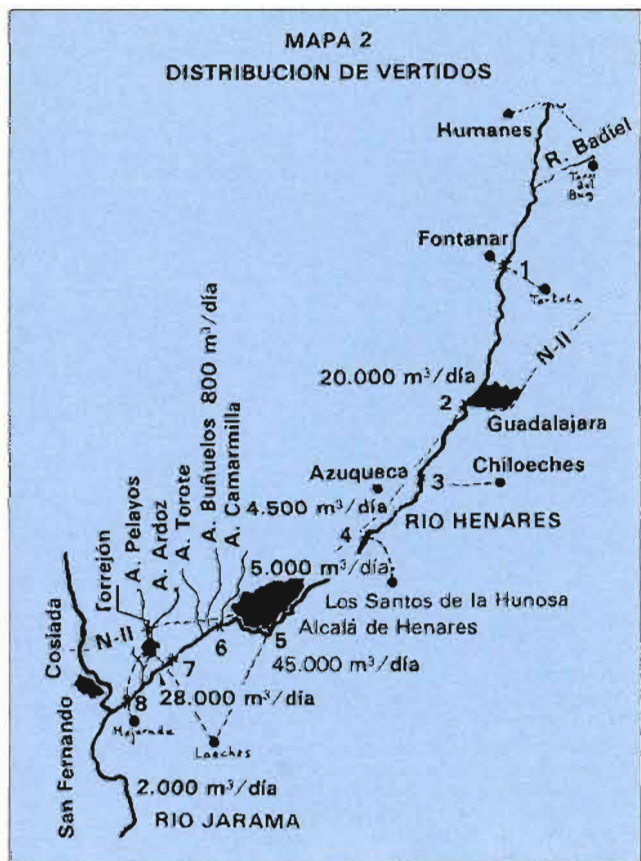
Vertido de aguas residuales procedentes del Polígono Industrial «El Hénar» de Guadalajara, con alto contenido en aceites y grasas.

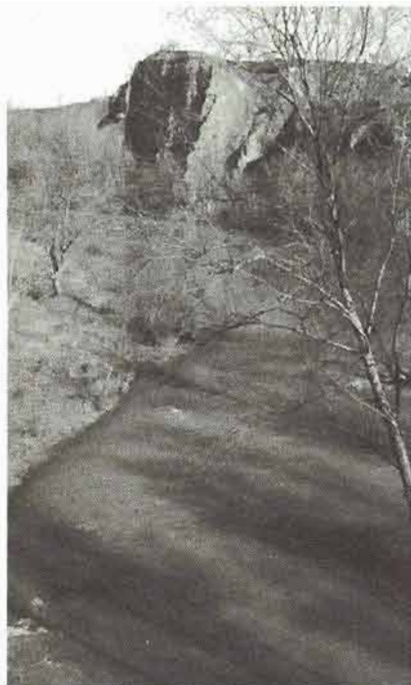
IMPORTANCIA DE LOS VERTIDOS URBANOS E INDUSTRIALES EN EL TRAMO ESTUDIADO

Uno de los aspectos que hay que considerar en los estudios de contaminación de los ríos es la proporción relativa de vertidos al cauce fluvial respecto al caudal medio del propio río, puesto que esta proporción va a indicar, al menos en una primera aproximación, la capacidad potencial de la corriente para autodepurarse. *Una dilución suficiente es imprescindible para que pueda realizarse esta autodepuración.*

Los vertidos al río Henares están formados por los vertidos originados por el uso del agua en actividades domésticas, vertidos urbanos y los formados en procesos industriales. Respecto a los primeros, puede considerarse que, a grandes rasgos, su composición varía dentro de unos ciertos límites y su volumen también mantiene una cierta constancia del orden de 300 l/habitante. Los vertidos industriales, por el contrario, no admiten ningún tipo de generalización respecto a su composición ni a su volumen.

Teniendo en cuenta el número de habitantes de cada una de las principales poblaciones del tramo estu-





EL Henares a su paso por la ciudad de Guadalajara.

diado, se puede calcular aproximadamente el volumen de aguas residuales urbanas, admitiendo una dotación de 300 litros por habitante y día.

N.º de habitantes	N.º de m ³ / día vertidos
Guadalajara (55.000)	16.500
Azuqueca (10.000)	3.000
Alcalá de H. (143.000) ..	42.900
Torrejón de A. (75.000).	22.500
	84.900

La naturaleza de los vertidos industriales es muy variada, correspondiendo a efluentes de empresas de productos químicos, farmacéuticos, transformados plásticos, transformados metálicos, etc.

En cuanto al volumen de estos vertidos, los datos disponibles en la bibliografía indican los siguientes valores:

	M ³ /día
Alovera	265
Azuqueca de Henares ...	1.469
Guadalajara	3.019
Humanes	59
Fontanar	10
Alcalá de Henares	8.441
Torrejón de Ardoz	5.593
S. Fernando de Henares	2.160
	21.016



Colector de vertido de las aguas residuales de la ciudad de Guadalajara. La entrada en funcionamiento de la Planta de tratamiento (actualmente en estado de construcción), paliará en gran medida la carga contaminante de estos vertidos.

Las fechas de muestreo, 1984, hacen particularmente interesante este estudio, puesto que las conclusiones se refieren a una época en la cual todavía no se encontraban en funcionamiento las instalaciones depuradoras y colectores desarrollados en el Plan Integral de las Aguas en Madrid. Será interesante comparar los datos de calidad de este estudio con los datos futuros cuando estén en pleno rendimiento las instalaciones de depuración previstas en el Plan.

Por tanto, el volumen de vertidos urbanos e industriales que van a parar al río Henares en este tramo es, aproximadamente, de 105.000 m³/día, con la siguiente distribución de vertidos urbanos e industriales:

Vertidos urbanos, 80 por 100.
Vertidos industriales, 20 por 100.

Este volumen de vertidos equivale a un caudal en el río del orden de 1,2 m³/s.

Este caudal representa un porcentaje muy importante del total del río, como se puede apreciar observando los datos de aforo en la estación de Espinillos en las fechas de toma de muestras. En este lugar, situado entre los puntos 6 y 7, el río ha recogido la mayor parte de los vertidos importantes, excepto el de Torrejón de Ardoz.

Fecha	Caudal (m ³ /s)
8-V-84	4,249
5-VI-84	71,000
3-VIII-84	3,549
11-IX-84	1,939
16-X-84	4,600

Se observa que (prescindiendo del caudal del 5-VI-84 —71 m³/s—, que es absolutamente excepcional y



Desembocadura en el río Henares del arroyo Ardoz.

que se originó probablemente por unos fuertes aguaceros de final de primavera dando lugar a una intensa escorrentía de escasa duración) el caudal de vertidos superó el 25 por 100 del caudal total del río en tres de los muestreos, siendo incluso mayor en las épocas de fuertes estiaje (11-IX-84).

Admitiendo que los vertidos industriales presentan habitualmente un carácter intermitente, pueden darse situaciones temporales mucho más favorables, pero también puede darse el caso contrario, en cuyo caso la aportación de contaminantes en algunas zonas puede rebasar la capacidad de autodepuración de la corriente, puesto que el grado de dilución en el propio río puede ser muy pequeño.

PRINCIPALES VERTIDOS

Se ha llevado a cabo un inventario somero de los principales vertidos de aguas residuales urbanas e industriales a partir de Guadalajara, puesto que aguas arriba de esta población y hasta el primer puente de este estudio, las poblaciones que se asientan en sus márgenes, así como las industrias, son poco importantes, y sus vertidos inciden poco en la calidad de las aguas del río, como ponen de manifiesto los resultados analíticos obtenidos.

Seguidamente, y para cada subtramo, se hace un resumen de los principales vertidos. El calificativo "urbano" se refiere a que transporta las aguas de las alcantarillas de la población, aunque a veces también recoge efluentes de las factorías de la ciudad.

Subtramo 1-2

Vertidos urbanos de Guadalajara.
Vertidos industriales del Polígono de Balconcillo (industrias de embutidos, lejías, plásticos, lácteas, torrefacción, eléctricas, etc.).
Vertidos industriales de recubrimientos metálicos.

Subtramo 2-3

Vertido de industrias de detergentes.
Vertido urbano de Alovera.

Subtramo 3-4

Vertido mixto de Azuqueca de Henares (aguas residuales de población e industria química).
Vertido industrial de fabricación de pinturas.
Vertido industrial de fabricación de aislantes térmicos.
Vertidos agrícolas.

Subtramo 4-5

Vertidos agrícolas.
Vertidos industriales de fabricación de cosméticos.
Vertidos urbanos.

Subtramo 5-6

Vertido urbano de Alcalá de Henares.
Vertidos industriales y urbanos del arroyo Camarmilla.
Vertidos industriales y urbanos diversos (cerámicas, fibras sintéticas, perfumería, productos farmacéuticos, población de Camarma).

Subtramo 6-7

Vertidos industriales de laboratorios farmacéuticos.

Uno de los aspectos que hay que considerar en los estudios de contaminación de los ríos es la proporción relativa de vertidos al cauce final respecto al caudal medio del propio río, puesto que esta proporción va a indicar, al menos en una primera aproximación, la capacidad potencial de la corriente para autodepurarse. Una dilución suficiente es imprescindible para que pueda realizarse esta autodepuración.

Vertidos industriales de fabricación de electrodomésticos.

Vertidos industriales de fabricación de transformados plásticos.

Vertidos industriales del arroyo Bañuelos (Polígonos industriales de Bañuelos y Azque, fabricación de electrodomésticos, productos lácteos, etc.).

Subtramo 7-8

Vertido arroyo Ardoz.
Vertido arroyo Pelayos (productos petrolíferos).
Vertido Polígono industrial de San Fernando de Henares.

DETERMINACIONES ANALITICAS

En las gráficas 1 al 5 se recogen los resultados medios de los análisis físico-químicos, químicos y bacteriológicos obtenidos en los diversos muestreos. Parte de los análisis se efectuaron "in situ". El resto se realizaron en el laboratorio, conservándose las muestras a 4°C hasta la terminación de su estudio. Las determinaciones "in situ" se efectuaron con una sonda HORIBA. Se utilizaron métodos analíticos basados en los descritos en el *Standard Methods*.

COMENTARIO A LOS RESULTADOS

Las aguas del río Henares en el tramo estudiado presentan una mineralización media, sufriendo un incremento de aproximadamente el 50 por 100 en su residuo de evaporación y conductividad desde el primer



El Henares a su salida de Alcalá. A la izquierda, emisario de efluentes de la planta de tratamiento de las aguas residuales de esta población.

El volumen total de vertidos urbanos e industriales que van a parar al río Henares en este tramo es, aproximadamente, de 105.000 m³/día, con la siguiente distribución de vertidos urbanos e industriales:

Vertidos urbanos, 80 por 100.
Vertidos industriales, 20 por 100.

punto controlado hasta el último punto junto a la desembocadura en el Jarama. Su composición relativa se mantiene sin grandes variaciones. Sus aguas han adquirido su composición principalmente por disolución de los yesos, puesto que predominan los iones sulfato y calcio con porcentajes superiores al 40 por 100, pero igualmente son importantes los iones cloruro, bicarbo-

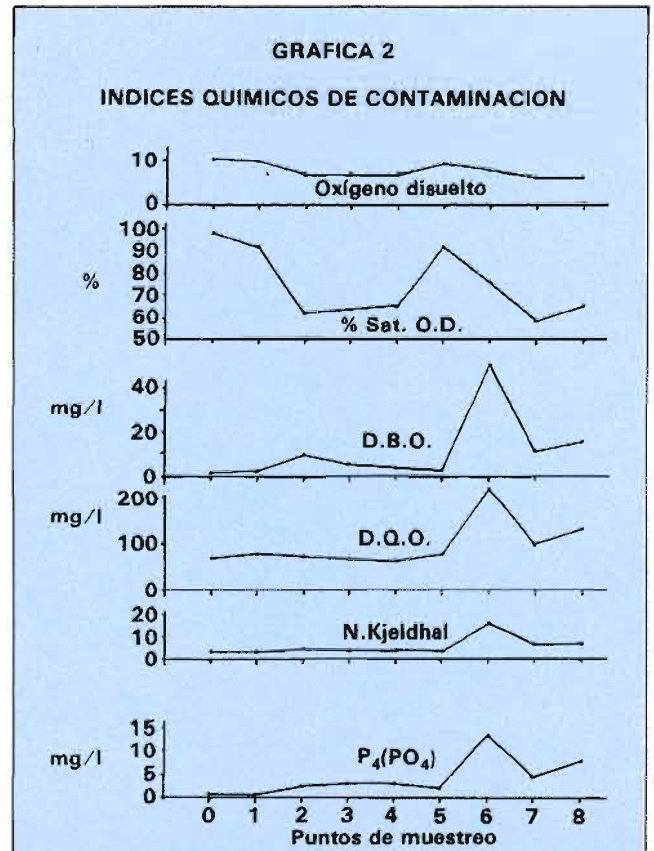
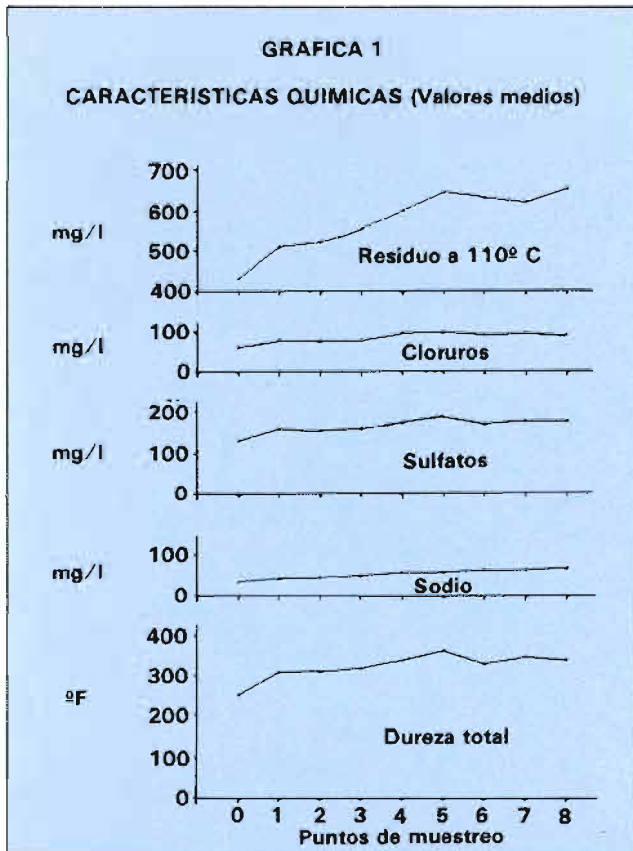
nato, magnesio y sodio, con porcentajes del 25 por 100 o mayores. Los porcentajes se refieren al contenido total de aniones o cationes, respectivamente.

Los índices de contaminación muestran una evolución muy diversa, con notables fluctuaciones de unos puntos a otros y con tendencia general a ir aumentando a lo largo del curso del río.

Como puntos destacables hay que señalar:

1. Las concentraciones de oxígeno más bajas se encontraron en los puntos 2, 3, 4 y 7, con valores que en ocasiones disminuyeron por debajo del 10 por 100 de saturación.

2. La evolución de la DBO, DQO, N. Kjeldhal y P_i(PO₄) es muy parecida, alcanzado sus valores máximos en el punto 6, después del ver-





Emisario de efluentes de la Planta de tratamiento de las aguas residuales de Alcalá. La reciente entrada en funcionamiento de esta planta ha supuesto un importante descenso de la carga contaminante.

La aportación de contaminantes en algunas zonas puede rebasar la capacidad de autodepuración de la corriente, puesto que el grado de dilución en el propio río puede ser muy pequeño.

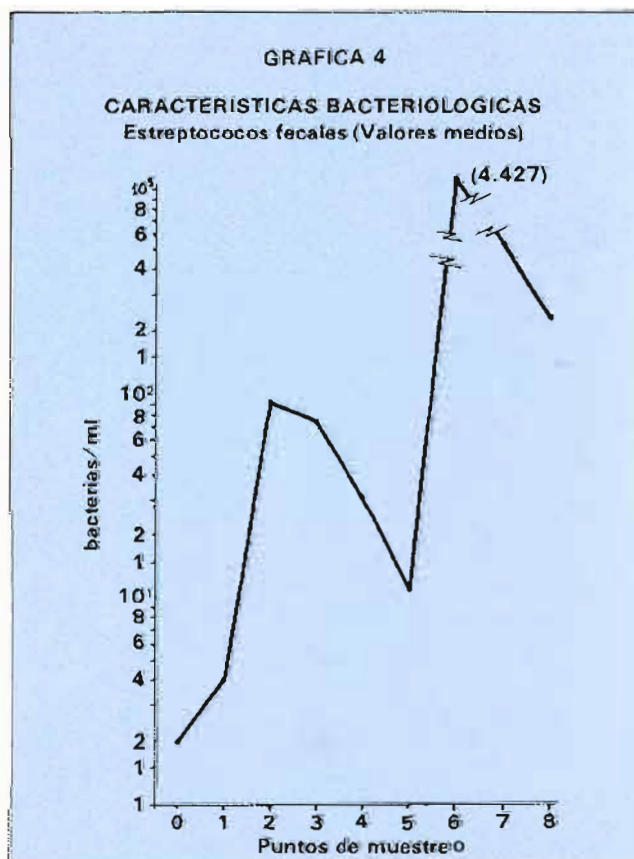
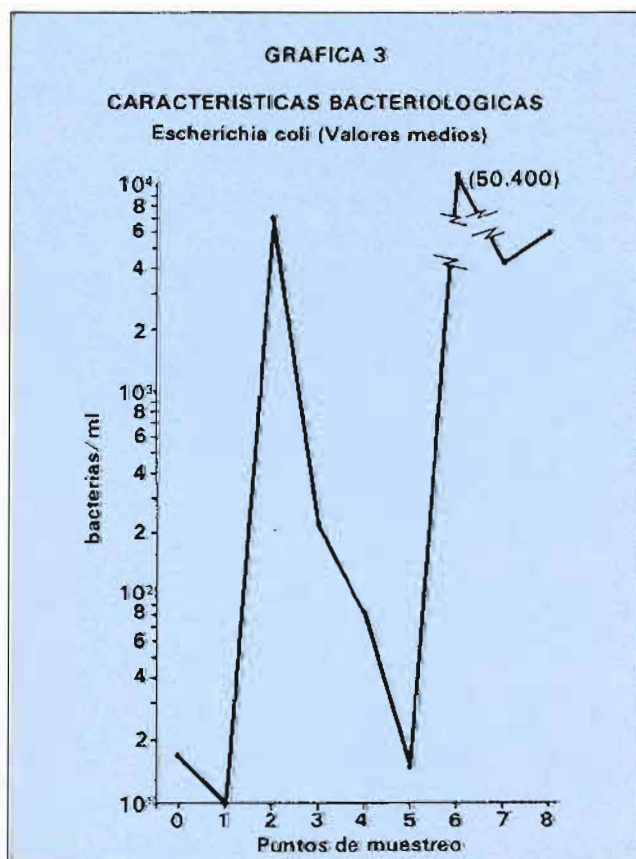
tido de la planta depuradora de Alcalá de Henares, descendiendo posteriormente (punto 7) y volviendo a subir (punto 8), acusando los vertidos de Torrejón de Ardoz.

3. Los valores de DBO fueron siempre bastante más bajos que los de DQO, lo que indica la presencia de sustancias de difícil biodegradabilidad, explicable por la presencia de importantes vertidos industriales.

4. Los índices bacteriológicos de contaminación señalan claramente la incorporación de los vertidos urbanos de Guadalajara, Alcalá de Henares y Torrejón. Después de estos vertidos y siguiendo el curso del río se va produciendo un descenso de la población bacteriana que vuelve a aumentar bruscamente después de los vertidos del próximo núcleo de población importante.

EVOLUCION DE LA COMPOSICION A LO LARGO DEL RECORRIDO

Subtramo 0-1. En este subtramo, las aguas presentan un grado de contaminación moderado, típico de los cursos de agua contaminados por pequeños volúmenes de vertidos urbanos. La composición química se mantiene prácticamente cons-





El Henares en su confluencia con el río Jarama en las cercanías de Mejorada del Campo.

En conjunto, la zona del río comprendida entre los vertidos de Alcalá y la desembocadura en el Jarama puede considerarse la más contaminada.

tante en todo el subtramo, con un ligero incremento de la mineralización. Los índices de contaminación, tanto químicos como bacteriológicos, son bajos. Las concentraciones de oxígeno detectadas fueron siempre altas y próximas a la saturación.

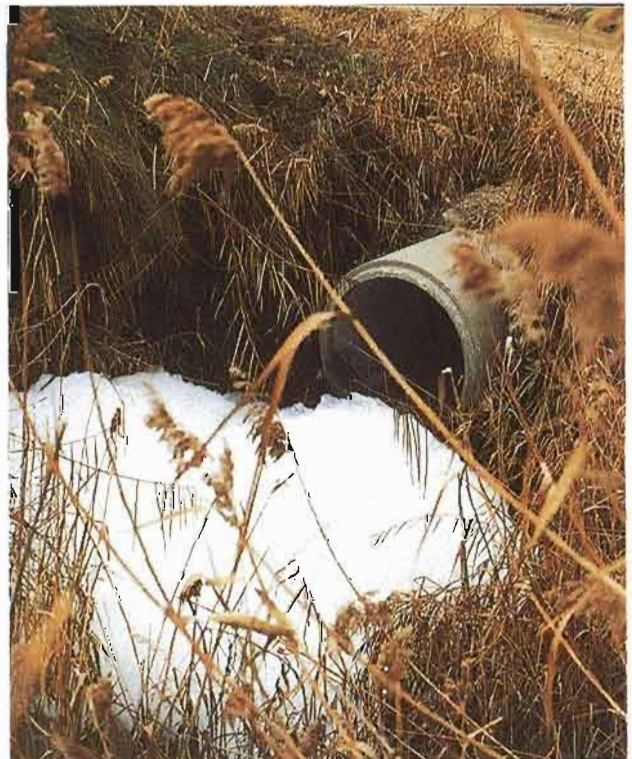
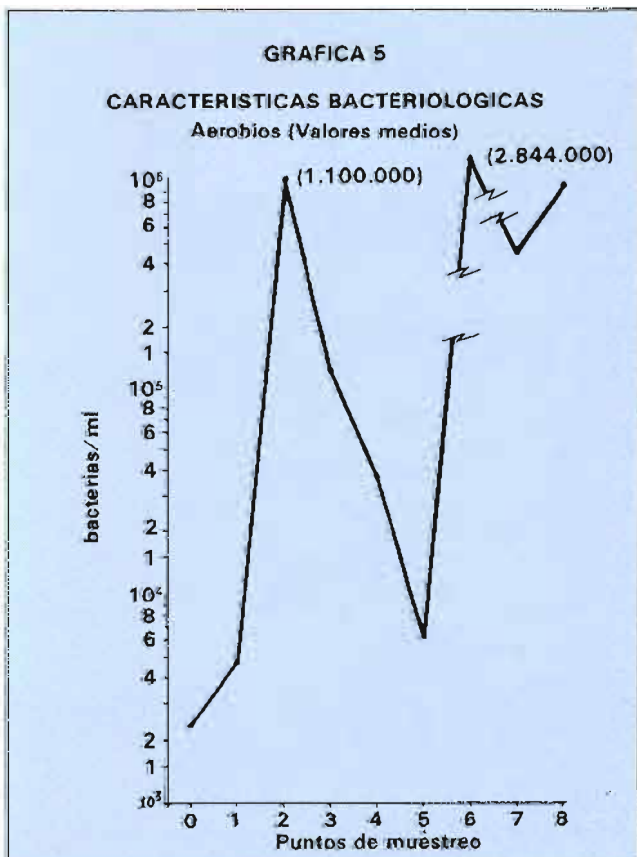
Subtramo 1-2. La mineralización permanece constante. Se nota un claro incremento en el valor de los índices químicos de contaminación

(DBO, NH_4PO_4 , etc.) y un espectacular aumento de la concentración bacteriana, reflejando claramente los análisis la incorporación de los vertidos de Guadalajara. Hay que destacar el claro descenso de la concentración de oxígeno disuelto.

Subtramo 2-3. A lo largo del subtramo la composición se mantiene con muy pocas variaciones, con un ligero aumento en la mineralización.

El contenido de oxígeno aumenta ligeramente, aunque sigue manteniéndose bajo. Los índices químicos de contaminación bajan ligeramente. Aunque todavía con una fuerte contaminación bacteriológica, se observa un notable descenso en las concentraciones de bacterias.

Subtramo 3-4. El comportamiento en este subtramo coincide prácticamente con el del subtramo ante-



Salida de tubo colector sobre el arroyo Ardoz, afluente del río Henares.

rior. Continúa el proceso de recuperación de la calidad natural del río, con un pequeño aumento en el contenido de oxígeno, un ligero descenso de los índices químicos de contaminación y una clara disminución de la concentración bacteriana.

Subtramo 4-5. A lo largo del subtramo se produce una clara recuperación de las aguas del río Henares, disminuyendo el valor de los índices químicos y bacteriológicos de contaminación y aumentando espectacularmente la concentración de oxígeno disuelto. También se observa un ligero incremento de la mineralización.

Subtramo 5-6. Los datos analíticos muestran un fuerte aumento de la contaminación, subiendo claramente todos los índices químicos y bacteriológicos y disminuyendo de nuevo la concentración de oxígeno disuelto. Es evidente la influencia de los vertidos de la estación depuradora de Alcalá de Henares. Hay que destacar el enorme incremento de la concentración de fosfato que va acompañada de un aumento también grande de detergentes, lo que puede indicar un origen común.

Las aguas siguen fuertemente contaminadas en este subtramo, disminuyendo incluso la concentración de oxígeno disuelto, que alcanza valores tan bajos que pueden ser insuficientes para el desarrollo de la vida superior. El resto de los parámetros indicadores de contaminación experimenta un claro descenso, aunque las aguas del río al final de este subtramo permanecen muy contaminadas.

Subtramo 7-8. En líneas generales se aprecia un aumento de la contaminación, reflejando los análisis la incorporación de los efluentes urbanos de Torrejón de Ardoz. Siguen siendo muy bajas las concentraciones de oxígeno disuelto, habiendo aumentado las concentraciones de DBO, DQO, PO_4^{3-} , NH_4 y N. Kjeldhal.

Estudiando en conjunto la evolución de la composición del agua en todo el tramo estudiado, se pueden resaltar los siguientes hechos:

a) Desde el primer punto controlado (punto 0) hasta el comienzo de los vertidos de Guadalajara (proximidades del punto 2), las aguas están poco contaminadas, como indican los diversos índices utilizados.

b) Pasada Guadalajara, los vertidos urbanos industriales deterioran fuertemente la calidad del río Henares, y esta contaminación se mantiene con pocas variaciones hasta las proximidades de Alcalá de Henares. En este recorrido hay una cierta



Este estudio, así como otros realizados por otros organismos, como, por ejemplo, la Comunidad de Madrid y el Centro de Salud de Alcalá de Henares, indican que para resolver el gran problema de la contaminación de las aguas en algunos tramos del río Henares es necesario acometer con urgencia la realización del amplio plan de obras previsto, algunas de las cuales están actualmente en realización.

recuperación de la calidad, sobre todo desde el punto 4 (carretera a los Santos de la Hunosa) hasta el punto 5 (carretera a Loeches). En este último punto, las aguas se han vuelto a cargar de oxígeno disuelto y se ha producido un acusado descenso del contenido bacteriano

c) Los vertidos de la estación depuradora de Alcalá de Henares y la incorporación del arroyo Camarmilla vuelven de nuevo a deteriorar fuertemente la calidad del río Henares, alcanzando en este punto *el mínimo de calidad*, estudiando en conjunto todos los parámetros controlados.

De nuevo y aguas abajo, tiene lugar una importante autodepuración que continúa hasta que de nuevo vuelve a deteriorarse la calidad del agua por la incorporación de los arroyos Pelayos y Ardoz. En conjunto, la zona del río comprendida *entre los vertidos de Alcalá y la desembocadura en el Jarama, puede considerarse la más contaminada.*

CONSIDERACIONES FINALES

De lo expuesto hasta aquí se deduce que, en líneas generales, en el tramo del río estudiado pueden distinguirse aproximadamente tres zonas:

1. Humanes a Guadalajara. Aguas con buena calidad, incluso en el estiaje.

2. Guadalajara a Alcalá de Henares. Aguas con calidad aceptable en épocas de aguas altas o caudales normales, pero que sufren un notable deterioro en los meses de estiaje.

3. Alcalá de Henares hasta la desembocadura en el Jarama. Aguas permanentemente con mala calidad, incluso con aguas altas.

Aunque el volumen de vertidos de Guadalajara y su área industrial es muy importante (20.000 m³/día) y asimismo el río Henares hasta Alcalá de Henares recibe aproximadamente otros 5.000 m³/día, la capacidad de autorrecuperación en este tramo, de aproximadamente 30 kilómetros de recorrido, es bastante grande y las aguas llegan a Alcalá de Henares con un grado de contaminación moderado.

A partir de la depuradora de Alcalá y del arroyo Camarmilla se produce, hasta la desembocadura en el Jarama, un nuevo aporte de vertidos industriales y urbanos (80.000 m³/día), los cuales sobrepasan la capacidad de autodepuración del río en este corto subtramo (12 Km.), originando una fuerte contaminación que permanece prácticamente sin importantes modificaciones hasta su incorporación al río Jarama.

Este estudio, así como otros realizados por otros organismos como, por ejemplo, la Comunidad de Madrid y el Centro de Salud de Alcalá de Henares, indican que para resolver el gran problema de la contaminación de las aguas en algunos tramos del río Henares es necesario acometer con urgencia la realización del amplio plan de obras previsto, algunas de las cuales están actualmente ya en realización.

Entre estas obras mencionaremos:

a) Construcción del emisario y depuradora de San Fernando de Henares, Coslada y Torrejón.

b) Ampliación de la depuradora de aguas residuales urbanas de Alcalá de Henares.

c) Construcción de una depuradora industrial en Alcalá de Henares.

Hay que esperar que en plazo relativamente corto y una vez en marcha estas instalaciones, las aguas de este río mejorarán notablemente en su calidad respecto a la actual. ■

BIBLIOGRAFIA

Mapa ambiental de Alcalá de Henares. Autor: Fernando Garcés Toledano. Centro Municipal de Salud de Alcalá de Henares.

Plan Integral de las Aguas en Madrid. Autor: Consejería de Obras Públicas y Transportes. Dirección General de Recursos Hídricos (1984).