

# LA POLUCION DE LAS AGUAS UTILIZADAS PARA EL ABASTECIMIENTO DE BARCELONA Y SU COMARCA\*

## INDICE:

Coordinador:

Benito OLIVER SUÑE

Dr. en Farmacia. Académico numerario

*Introducción, antecedentes y planteamiento del coloquio*

Enrique DIAZ GONZALEZ

Ingeniero Industrial. Jefe del Servicio de Aplicaciones Industriales de la Confederación Hidrográfica del Pirineo Oriental

*Cuencas, causas de la polución y lucha*

Félix PUMAROLA BUSQUETS

Dr. en Medicina. Jefe Provincial de Sanidad de Barcelona. Académico corresponsal

*Límites máximos de calidad sanitaria. O.M.S. y España.*

Benito OLIVER CLAPES

Farmacéutico. Jefe del Servicio de Laboratorios de la Sociedad General de Aguas de Barcelona

*Datos del agua de abastecimiento*

Francisco HERNANDEZ GUTIERREZ

Dr. en Farmacia. Director del Laboratorio Municipal de Barcelona. Académico corresponsal

*Descripción del control sanitario oficial*

Fernando JOSA CASTELLS

Ingeniero de Caminos. Académico numerario

*Posibilidad del aprovechamiento futuro del agua de mar, en relación con la polución*

---

\* Coloquio que tuvo lugar el 2-V-74.

## B. OLIVER SUÑE

Ilmo. Sr. Presidente,  
Sres. Académicos,  
Sras. y Sres.:

En la sesión del día 16 de octubre pasado, leí una comunicación "acerca de la salinidad de las aguas del río Llobregat", publicada posteriormente en ANALES DE MEDICINA Y CIRUGÍA, que terminaba aludiendo a las entonces recientes manifestaciones del Director General de Obras Hidráulicas respecto a la realización del proyecto presentado por la Sociedad General de Aguas de Barcelona como única solución viable para la resolución definitiva de tan importante problema.

Y, en efecto, el 1 de febrero pasado, el Ministerio de Obras Públicas, resolvió aceptar la solicitud de construcción del colector de salmueras de las cuencas mineras del Llobregat y del Cardoner, concediendo cuatro meses de plazo para presentar el proyecto de replanteo, así como seis meses a las industrias potásicas para el estudio de la adecuación de sus vertidos.

Oficialmente se encuentra, pues, en vías de solución nuestro típico caso particular de polución inorgánica industrial, cuya génesis e incremento data de más de cincuenta años. Y, dicho sea de paso, constituye ello un ejemplo evidente de que la iniciativa privada en cooperación con la Admi-

nistración pública, puede contribuir efectivamente al bien común.

En la citada sesión del pasado curso, la discusión del tema derivó hacia otros aspectos de la polución de las aguas del río Llobregat, y nuestro Presidente, Dr. Pedro Domingo, expresó su deseo de organizar posteriormente un Coloquio en el que se afrontase la cuestión de la polución de las aguas de la zona metropolitana.

Cumplimentado, pues, aquel acuerdo, consideré adecuado organizar la sesión de hoy contando con la valiosa colaboración de los compañeros enunciados, de manera que cada uno tenga ocasión de exponernos los diferentes aspectos que, dentro del tema general, son propios de su incumbencia profesional.

Por las razones antes mencionadas, eludiremos hoy el caso de la salinidad, puesto que esta Real Academia no puede hacer ya otra cosa que desear la realidad de su pronta resolución.

Hay otro aspecto importante de la polución de las aguas que asimismo propongo que sea hoy eludido, por lo menos directamente. Es el de la contaminación microbiológica de aguas superficiales y profundas por la sencilla razón de que hoy día disponemos en Barcelona de medios técnicos ampliamente suficientes para conocer al de-

talle todas las circunstancias concurrentes: causas y efectos, procedimientos para detectarlos y métodos preventivos o correctivos para contrarrestarlos. Ello puede hacerse extensivo a todos los demás abastecimientos de la comarca, municipales o privados, por ejemplo, Tarrasa, Martorell, Molins de Rey, etc. Dicho de otro modo: cualquier abastecimiento de agua dotado de una adecuada instalación de tratamiento y respaldada por una idónea organización de control periódico-sistemático de las aguas, antes y después del tratamiento de esterilización, puede garantizar sin lugar a dudas —salvo imprevisiones excepcionales— a los consumidores, agua en las debidas condiciones de potabilidad microbiológica.

De lo cual se deduce que en nuestro caso, las conclusiones con respecto a la salud pública, derivadas de los dos aspectos que acabo de mencionar, pueden concretarse fácilmente.

Pero, no así por lo que se refiere a un grupo de sustancias o elementos que frecuentemente se encuentran en las aguas superficiales formando parte del complejo polucionante, que por hallarse generalmente en muy pequeñas cantidades, son agrupados por la terminología moderna con la denominación de micropolucionantes.

Los más representativos son los derivados del petróleo, los tensioactivos, los pesticidas y un buen número de oligo-elementos como, por ejemplo, cromo, plomo, cadmio, cobre, etc.

El alcance de las influencias que para la fisiología o la patología humana pueda tener un continuado consu-

mo de aguas con dichas particularidades no está todavía bien determinado.

Recordemos, por ejemplo, que investigaciones técnico-estadísticas efectuadas en la cuenca del Bodensee (Suiza-Alemania) hace unos diez años, parecen demostrar que el contenido de compuestos fenólicos en el agua, como consecuencia de la navegación fluvial, tiene efectos cancerígenos, y que según informe de la O.M.S., el desequilibrio de oligo-elementos, influye en el incremento de enfermedades cardiovasculares.

Sin embargo, ninguna de estas características, se ha confirmado plenamente.

No obstante, los Organismos rectores de la medicina preventiva (nacionales o internacionales) proponen o establecen límites de tolerancia para cada uno de dichos elementos, de cuyas particularidades nos informará el Jefe Provincial de Sanidad de Barcelona, Doctor D. Félix Pumarola.

Asimismo nos hablará Oliver Clapés de las dificultades técnicas para detectar cuantitativamente algunos de los citados micropolucionantes, así como de su posible persistencia en las aguas sometidas a los tratamientos de depuración habituales, o incluso en aguas subálveas, en general solamente sometidas a la descontaminación microbiológica.

Previamente, D. Enrique Díaz nos expondrá un resumen de las causas de la polución en las cuencas de los ríos Llobregat, Besós y Ter, y la forma como se realiza la ardua y compleja lucha contra la misma.

El Doctor Hernández dará noticia de cómo se lleva a cabo el control oficial del abastecimiento de aguas a las poblaciones de Barcelona y su comarca.

Y, finalmente, D. Fernando Josa nos comunicará su punto de vista, en cuanto a las consecuencias de la polución con respecto al futuro de la reutilización de aguas residuales y del aprovechamiento del agua del mar como agua potable.

Cada uno de los temas que acabo

de enunciar merece por sí solo una sesión. Pero la finalidad de este Coloquio es la de exponer, mediante comunicaciones resumidas, las características más destacadas de la problemática del abastecimiento de aguas a Barcelona y su comarca, en cuanto a la salud pública se refiere.

Por último, se entablará un coloquio y ruego a los Sres. Académicos presentes que si desean intervenir en la discusión, lo hagan en cuanto hayan terminado todas las comunicaciones.

#### ENRIQUE DIAZ GONZALEZ

Los orígenes de la polución debemos hallarlos en las actividades desarrolladas por el hombre y en la consecuente eliminación de residuos, ya sea de tipo fisiológico, o resultantes de procesos agrícolas e industriales.

La densidad demográfica e industrial de la provincia de Barcelona supone la paralela necesidad de elevados volúmenes de agua que, una vez utilizados y vertidos a cauces de caudales en general pequeños, inciden negativamente en la calidad de los mismos.

Las fuentes principales de abastecimiento de agua para Barcelona y su comarca son el río Ter (superficiales), el río Besós (subterráneas) y el río Llobregat (superficiales y subterráneas), en las cuales la afección producida a la calidad de sus aguas es distinta no sólo por sus características naturales, sino también por la población e indus-

trias existentes aguas arriba de las captaciones y aún, según sean éstas superficiales o subterráneas, pues si bien en las primeras los efectos de la polución son inmediatos, en las segundas, caso de llegar a producirse, pueden tener a pesar del filtro natural de los terrenos atravesados, una larga duración y a veces en procesos irreversibles.

Una breve nota sobre cada una de las distintas cuencas nos permitirá valorar la actual problemática de su grado de polución, atendiendo a datos de vertidos de aguas residuales según un Estudio realizado por el Servicio de Aplicaciones Industriales de la Comisaría de Aguas del Pirineo Oriental y a los periódicos análisis de sus cauces.

*TER.* — La cuenca situada aguas arriba de la toma del sistema de embalses (Sau, Susqueda, Pasteral), supo-

ne una aportación media de 1,6 Hm<sup>3</sup>/día en tanto que los vertidos suponen un 2 % aproximadamente (un 10 % en estiaje), de los cuales algo menos de la mitad corresponden a residuales domésticos.

La distribución de los puntos de vertido a lo largo del río, se traduce en tramos de más intensa polución y otros en que el poder autodepurador del río, mejora sensiblemente sus características.

La industria papelera (12 % de los vertidos totales) está principalmente concentrada en el río Fresser, afectando sensiblemente al río Ter en su confluencia. Otra aportación de aguas residuales importante es la del río Gurri, que recoge los residuos de la población de Vich y su importante industria de curtidos (20 % de los vertidos totales), en tanto que la industria textil, más distribuida, supone un 10 % del conjunto de vertidos.

Se traducen tales circunstancias en la reducción del 80 % de saturación del oxígeno disuelto, hasta un 60 % y el aumento de la DQO y DBO de 3 y 4 mgr/l. respectivamente, hasta 12 y 15 mgr/l. aguas abajo de la población de Ripoll.

Hasta alcanzar la confluencia del río Gurri hay en general un proceso de autodepuración, reduciéndose de nuevo en este punto la DQO y DBO hasta valores aún superiores a los de aguas abajo de Ripoll, si bien a continuación el efecto del embalse con niveles altos deja las aguas para ser captadas con características orgánicas si-

milares a las de su origen, y con una muy ligera salinización.

La relación DBO/DQO es del orden de la unidad.

En general, en esta cuenca, no se han dado problemas de contaminación específicos por algún vertido determinado.

*BESOS.* — La aportación diaria en las inmediaciones de las captaciones subterráneas para abastecimiento de Barcelona y su comarca es normalmente inferior a 0,08 Hm<sup>3</sup>/día, en tanto que las aportaciones de aguas residuales es del orden de 0,10 Hm<sup>3</sup>/día, de las que un 55 % es de origen doméstico.

Las cifras anteriores nos muestran que, en este caso, las aguas que circulan gran parte del año son prácticamente las residuales.

En cuanto a la importancia de los sectores, el textil, con un 25 % va en cabeza con núcleos como el de Sabadell y distribuidos aisladamente a lo ancho de la cuenca numerosas industrias del ramo.

En menor escala, los núcleos de Mollet, Centellas, Granollers y otros, con sus industrias, así como los polígonos industriales suponen importantes fuentes de contaminación.

No hay prácticamente aprovechamientos superficiales (sólo algunos pequeños riegos) por la irregularidad de las aguas circulantes y los problemas detectados en pozos (colorantes, cromo, hidrocarburos, etc.) han supuesto en más de una ocasión, el abandono de su explotación.

A lo largo de su recorrido, las aguas superficiales del río Besós empeoran en su calidad y ya cerca de su desembocadura al mar, el contenido de oxígeno es sólo del orden del 10 % y la DQO y DBO tienen valores del orden de 120 mgr/l. y 250 mgr/l. respectivamente.

La relación DBO/DQO es en este caso del orden de «dos».

**LLOBREGAT.** — Aportaciones medias de 1,80 Hm<sup>3</sup>/día, que, en estiaje, se reducen hasta 0,35 Hm<sup>3</sup>/día con volúmenes de vertidos de aguas residuales del orden de 0,29 Hm<sup>3</sup>/día, lo que ya de por sí da una imagen de su mayor contaminación en relación al Ter.

Un tercio de los vertidos, en volumen, corresponden a residuales urbanas, destacando la aportación de las industrias papeleras (casi otro tercio) situadas principalmente en los ríos Noya y Llobregat, aguas abajo de Martorell.

Importante la concentración urbano-textil de Tarrasa y la de curtidos en Igualada, desembocando a la riera de Rubí y río Noya respectivamente, que por su deficiente calidad y con caudales inferiores a 1 m<sup>3</sup>/seg. son desviadas de modo que sus aguas no alcancen el río Llobregat y se conducen a través de tubería enterrada y túnel las segundas, al Real Canal de la Infanta.

Al propio río Llobregat, además de la aportación salina de las explotaciones potásicas (unas 500 Tm/día de cloruros) y que alcanzó un máximo de

1.540 mgr/l. en el año 1973, debe destacarse el núcleo de Manresa y una distribución de puntos aislados de industrias químicas y textiles principalmente, tanto más frecuentes cuanto más cerca de Barcelona.

La DQO media en Martorell fue el año 1973 de 15 mgr/l. y de 13 mgr/l. la DBO, con valores algo inferiores en San Juan Despí.

La relación DBO/DQO similar a la del río Ter y del orden de la unidad.

La mayor industrialización de esta cuenca en relación al Ter, ha supuesto una serie de problemas aislados específicos debido a vertidos industriales.

### **Lucha contra la contaminación**

Por parte de la Dirección General de Obras Hidráulicas, se ha establecido una red de control de calidad de los ríos de las distintas cuencas y, en particular en la del Pirineo Oriental, obteniendo de puntos previamente establecidos unos análisis periódicos, que se remiten a dicho organismo central.

Ello permite conocer la situación de nuestros ríos para la posible adopción de medidas de tipo general o particular en cada caso.

También por parte de la Dirección General de Obras Hidráulicas, se estudió el Plan Nacional de Abastecimiento y Saneamiento, de gran envergadura y que para llevarlo a cabo requiere grandes inversiones.

La aplicación del Reglamento de Policía de Cauces por parte de la Comisaría de Aguas se traduce en la tramitación de los proyectos para la depura-

ción de las aguas residuales, antes de su vertido a cauce público, con los preceptivos informes de Sanidad y Pesca y el posterior control de la instalación con limitación de sus características físico-químicas, para su autorización.

Asimismo, y con gran abundancia, los expedientes de denuncia a instancias de la propia Administración o de terceros, son una fuente permanente que transmiten los problemas particulares de cada vertido que afectan al cauce.

Las sanciones iniciales de la Comisaría de Aguas de hasta 500 ptas. alcanzan en la actualidad hasta 20.000 ptas., si bien para otras mayores deben proponerse al Excmo. Sr. Gobernador, así como para la clausura de la actividad.

Las multas son sucesivas e independientes, de tal modo que su tramitación es larga por las comunicaciones, pliegos de descargos y aún los frecuentes recursos de alzada, que deben trasladarse a la superioridad.

Para agilizar el proceso y atendiendo a aquellos puntos en que la influencia de determinados vertidos sobre las aguas del cauce receptor es mayor, se les ha considerado como puntos negros, de tal modo que la continuidad de la sanción es mayor como así lo es la atención prestada a los mismos.

Queda no obstante el grave problema que supone la existencia de los vertidos municipales que incluyen asimismo los de las posibles industrias en ellos enclavadas, y cuya solución al depender de organismos de la Administración Local supone largas demoras con plazos indefinidos.

Además de las estaciones de depuración en que se traduce la lucha contra la polución, debe atenderse a su funcionamiento y control con periódicas inspecciones y análisis realizados por personal y laboratorio de la Comisaría de Aguas del Pirineo Oriental, cuya labor ha supuesto (sin olvidar las sanciones) un importante factor en el conocimiento de la sociedad de este campo, y de modo particular en la comarca de Barcelona por sus complejos aprovechamientos y la interferencia de unos y otros que conducen a un reconocimiento de la necesidad y urgencia de actuaciones no siempre tan eficaces en todos los casos como sería de desear.

El hombre y sus actividades no pueden desvincularse en cuanto afectan patrimonios comunes y sólo una explotación racional, coordinada y controlada de los recursos permitirá el desarrollo armónico de los distintos sectores, evitando en lo posible las interferencias no sólo en cantidad sino también en calidad.

## F. PUMAROLA BUSQUETS

Las sustancias químicas que se encuentran en el agua con excepción de las que se encuentran por contaminación extemporánea, podemos clasificarlas en tres grandes grupos:

a) tóxicos que normalmente existen en el agua y que son peligrosos cuando su concentración es elevada como los nitratos, el arsénico, el plomo, etc.

b) Constituyentes que son necesarios para la salud, pero que a determinadas concentraciones pueden ser peligrosos como los fluoruros y el selenio.

c) Sustancias que dan lugar a modificaciones organolépticas que no la hacen apta para el consumo como detergentes, aceites minerales, fenoles, etcétera.

Las sustancias perjudiciales las podemos clasificar según su forma de actuar en: perjudiciales

- 1.º al beber
- 2.º al bañarse o lavarse
- 3.º por perturbar los sistemas ecológicos
- 4.º por sumarse a otras fuentes, acumulándose.

**Nitratos**

Dos son los peligros que pueden producir los nitratos: la metahemoglo-

binemia infantil y la formación de carcinógenos por transformarse en el aparato digestivo en nitrosaminas. A este respecto debe mencionarse que está en Curso por la Agencia Internacional para la investigación del cáncer de la OMS una amplia encuesta de correlación epidemiológica entre ambos puntos. Para la metahemoglobinemia se considera que la proporción de nitratos debe sobrepasar los 75-100 mg./l.; para la posible producción de carcinógenos debe sobrepasar los 100 mg/l.

Los límites que señala la OMS para el agua de bebida se considera como máxima la de 45 mg/l. y la recomendable la de 20. Si bien el Reglamento de Sanidad Municipal, todavía en vigencia, establece como máximo 20 mg/l., el Código alimentario permite hasta 30 mg/l.

**Fluoruros**

Cuando los niveles son inferiores al 0,5 mg/l. en el agua de bebida, es muy frecuente la caries dental. Cuando sobrepasan los 2-3 mg/l. se favorece la presentación de fluorosis. Se considera tanto por la OMS como nacionalmente, que debe oscilar entre 1-2 mg por litro. Cuando hay contaminación intensa por flúor disminuye la Hb y aumenta el volumen de los eritrocitos.

### Arsénico y selenio

El arsénico, que se ha comprobado elevado en algunos casos excepcionales, da lugar a intoxicaciones crónicas con degeneración hepática y de la médula ósea, así como a una enfermedad endémica llamada melanodermia del pie y descrita por BLACKWELL y CHENG-CHI en el Pacífico Occidental. La ingestión de crustáceos y mejillones que pueden concentrar hasta 50-100 mg. de arsénico por Kg. puede dar lugar a intoxicaciones que normalmente provienen del agua. Los límites de ingestión por la OMS son de 0,05 mg. por litro mientras la proporción del Código Alimentario es mucho más elevada, 0,2 mg.

El selenio, cuando se encuentra en forma de indicios es beneficioso para la salud e incluso aumenta la protección frente a los posibles efectos perjudiciales de As, Hg y Cd. Sólo se conoce un caso de selenosis por agua de bebida en una familia india que se abastecía con agua de un pozo que contenía 9 mg. por litro. Se dice que en cantidad excesiva facilita la aparición de caries, pero no está completamente comprobado. El límite máximo señalado por la OMS es de 0,01 mg. por litro, mientras el Código Alimentario permite el doble: 0,02 mg.

### Metales tóxicos

El mercurio es tóxico tanto si procede de compuestos orgánicos como inorgánicos por transformarse en dimetilmercurio. Sin embargo, las proporciones ordinarias en las aguas de

abastecimiento raramente sobrepasan los 0,03 microgramos; en el agua del mar, el mercurio natural no llega más allá de 0,03 microgramos, salvo casos excepcionales como el de la bahía de Minamata, en que llegó a 1-10 microgramos en el agua y 30-40 mgrs. en los cienos del fondo. El mercurio, por tanto, raramente es tóxico directamente, ya que la ingestión normal de agua no permitiría la intoxicación. Su importancia radica en que cuando las concentraciones son elevadas tiende a acumularse en todos los estadios de la cadena acuática: plantas, crustáceos y peces, lo que sólo se logra en condiciones excepcionales.

La OMS admite hasta 0,1 microgramos.

Por ello y aun cuando el real peligro de intoxicación corresponde a la alimentación, la OCDE ha recomendado a los países miembros se abstengan de usar derivados mercuriales en la agricultura y vigilen especialmente los vertidos de agua residuales de las industrias de pasta de papel y las que realizan electrólisis de cloruros alcalinos.

Para el *Plomo* los límites tanto de la OMS como españoles son de 0,1 mg. por litro, cifra muy superior a los hallazgos normales en todas partes del mundo. Los valores tóxicos son mucho más elevados. Procede fundamentalmente de las tuberías de plomo o de algún tipo de materia plástica que a veces se estabilizan con compuestos de plomo. En las aguas marinas, el plomo se puede acumular en las ostras y otros moluscos.

El *Cadmio* es considerado como productor de la enfermedad de Itai-Itai producida por consumo de arroz regado con aguas intensamente polucionadas por cadmio. Parece que, como todos los metales, tiende a concentrarse en los cienos y permanecer tiempo indefinido siendo absorbido por plantas y animales acuáticos. El límite de la OMS es de 0,01 mg. aunque tienden los técnicos de la organización a admitir la mitad solamente.

El *Cromo* es uno de los elementos peligrosos. El Código Alimentario admite hasta media centésima de mg. por litro, aunque en honor a la verdad los productos tóxicos de cromo hexavalente, dan un colorido al agua de color amarillento que repelen a la vista y aún al gusto. Por ello y a pesar de la frecuencia de dicha contaminación y del peligro teórico, no se conocen casos humanos de intoxicación pero ello debe cuidarse, vigilando especialmente los vertidos en el curso de los ríos. Por otra parte, en cambio, se considera muy conveniente la existencia de indicios de cromo.

### **Dureza del agua**

Estudios epidemiológicos y estadísticos realizados por GRAWFORD, GARDNER y MORRIS en Inglaterra, y SCHROEDER en EE.UU., han permitido establecer una correlación inversa entre arteriosclerosis y dureza del agua. Incluso se ha podido comprobar un mayor incremento de defunciones por arteriosclerosis en las poblaciones en que se ha conseguido disminuir la dureza

del agua de abastecimiento. Sin embargo, ello es empírico y parece difícil pensar que una ingestión máxima de 2 litros de agua al día sea suficiente para influenciar un hecho tan complejo como es la arteriosclerosis.

Por ello se ha pensado si podía haber algún factor interrelacionado. Se cree que podría ser debido al aumento de plomo y cadmio que se produciría en las redes de abastecimiento con poca dureza y que serían las que facilitarían la arteriosclerosis.

Otros autores piensan que puede ser debido a una influencia general del medio, ya que el agua no es más que la representación de la estructura geológica del suelo y que sería la escasez de oligoelementos lo que podría influir en la arteriosclerosis. SCHROEDER no encuentra realmente correlación. En cambio GRAWFORD considera que el aumento de oligoelementos disminuiría la arteriosclerosis.

### **Compuestos orgánicos clorados**

Comprende principalmente insecticidas clorados como el DDT y el Aldrin, herbicidas como el ácido clorofenoxiacético y fungicidas como el hexaclorobenceno y el pentaclorofenol. Asimismo se incluyen los empleados por la industria como los naftalenos y los difenilos.

Proceden principalmente del abono de tierras cultivadas ribereñas y de los vertidos industriales. Como no se disuelven en el agua son adsorbidos por las sustancias sólidas y los cienos, en-

contrándose solamente trazas de dichos productos. No hay límites por la OMS, señalándose solamente que no deben sobrepasar la DDA o dosis diaria admisible. Las cantidades que se encuentran en las aguas depuradas son de unos pocos nanogramos por litro.

### **Hidrocarburos aromáticos policíclicos**

Pueden encontrarse en el agua algunos hidrocarburos de este tipo principalmente benzopirenos. No se disuelven en el agua. Sólo aumenta la solubilidad si hay detergentes aniónicos. El límite que marca la OMS es de 0,0002 mg. por litro, cantidad que virtualmente nunca se encuentra en el agua. Realmente no se concibe la importancia que puedan tener como cancerígenos. En cambio, sí puede estar aumentado en el plancton.

### **Detergentes aniónicos**

Los residuos del alquilbenceno sulfonado (ABS) provocan la formación de espuma y son difícilmente eliminados. Los alquilbencenosulfonados de cadena recta parecen ser más fácilmente degradables.

Como coadyuvantes de los detergentes se usan el tripolifosfato de sodio que asimismo es difícilmente depurado. El Comité del Senado de Obras Públicas de los EE.UU. ha recomendado la prohibición del uso del ácido nitriloacético como coadyuvante, ya que modifica la absorción de determinados metales y por ello facilita los efectos tóxicos de los mismos.

No hay datos acerca de los detergentes, pero se acepta en general que no deben sobrepasar 0,1 mg. por litro. Cuando llega a 1 mg. la espuma es persistente.

## **B. OLIVER CLAPES**

Tal como se ha recordado en una comunicación anterior, el agua que abastece a la ciudad de Barcelona y a las poblaciones de su entorno, procede de distintas cuencas hidrográficas. Este hecho les confiere ya inicialmente características físico-químicas distintas, tanto a las aguas subterráneas como a las superficiales.

Una gran parte de las poblaciones del área de Barcelona es abastecida

por la Sociedad General de Aguas a través de una red de suministro totalmente interconectada, es decir, que no existen núcleos aislados, pudiendo en principio circular las aguas de unas zonas a otras según las necesidades del suministro y también —en determinados casos— las disponibilidades de los distintos orígenes.

Estos orígenes son —en síntesis— los siguientes:

Grupo de pozos de Cornellá (20)

Grupo de pozos de San Feliu (6)

Grupo de pozos de Gavá (5)

Grupo de pozos del curso bajo del río Besós (5)

Grupo de pozos de Montcada (6)

Grupo de pozos de Sardanyola (3)

Acueductos "Vallés y Dos Rius"

(16,5 % en 1973)

Agua superficial del río Llobregat

(31,5 % en 1973)

Agua superficial del río Ter

(52,- % en 1973)

En la situación actual, es decir, a raíz de la puesta en servicio (1966) de la traída de aguas del río Ter, puede decirse que las poblaciones de la zona Norte, esto es:

Badalona, San Adrián, Sta. Coloma de Gramanet, Mongat, Montcada y Sardanyola, reciben fundamentalmente agua superficial del río Ter, depurada en la Central de Cardedeu. A ella se suman las aguas de los pozos y acueductos de la zona.

Por otra parte, las poblaciones de la zona Sur, esto es:

Hospitalet, Cornellá, Esplugas, San Justo Desvern, San Juan Despí, San Feliu de Llobregat, San Baudilio, Viladecans y Gavá, reciben agua de la cuenca del río Llobregat, en su mayor parte superficial depurada en la Central de Tratamiento de San Juan Despí, si bien con ella se mezcla agua subterránea de los pozos radicados en aquella zona, en proporción que depende de la demanda y de otras circunstancias.

También reciben agua de alguno de estos orígenes las poblaciones de Sabadell, Ripollet, San Cugat, Granollers y varios municipios del Vallés y del Maresme.

Además de ello, en la comarca de Barcelona existen otros municipios que disponen de abastecimientos independientes que se surten por lo general de pozos, por ejemplo, Prat de Llobregat en el delta, o Tarrasa y Martorell en el cauce del río Llobregat.

Tales aguas de suministro público, tienen por tanto características físico-químicas más o menos comparables a las de la red general de Barcelona, y están afectadas por los mismos problemas de polución que sufren todas las captaciones en dichas cuencas.

En la ciudad propiamente dicha, unas zonas reciben siempre agua procedente del Ter y otras siempre de la cuenca del Llobregat, mientras que una amplia faja central está sujeta a frecuentes variaciones.

Con el fin de comentar de forma resumida la calidad de cada una de las aguas que los usuarios reciben según su localización con respecto a las redes de suministro público, expondré a continuación las características principales de las mismas y unos cuadros resumen de los análisis de control sistemático que periódicamente se realizan en nuestro Servicio de Laboratorios.

Para ello resulta muy ilustrativo el pasado año 1973, pues además de ofrecernos los datos más recientes en el tiempo, tienen estos datos la particularidad de reflejar las consecuencias de

## AGUA DE ABASTECIMIENTO DE BARCELONA - ZONA TER

*Datos del análisis químico del año 1973*

	Promedio	Máx.	Mín.	
Temperatura . . . . .	13'8	23'0	6'4	°C.
pH . . . . .	7'40	8'02	6'69	
Conductividad a 20°C . . . . .	483'0	576'0	397'0	micromhos. cm.
Residuo a 110°C . . . . .	312'0	390'0	246'0	mg./l.
Alcalinidad (T.A.C.) . . . . .	128'0	159'0	98'0	mg. CO <sub>2</sub> /l.
Anhídrido carbónico libre . . . . .	4'2	21'3	1'1	mg. CO <sub>2</sub> /l.
Dureza total . . . . .	195'0	228'0	166'0	mg. CO <sub>3</sub> Ca/l.
Dureza total . . . . .	19'5	22'8	16'6	°F.
Bicarbonatos . . . . .	156'2	194'0	119'6	mg. CO <sub>3</sub> H/l.
Cloruros . . . . .	39'6	67'4	21'3	mg. Cl/l.
Sulfatos . . . . .	63'3	97'9	42'2	mg. SO <sub>4</sub> /l.
Nitratos . . . . .	5'5	7'8	3'0	mg. NO <sub>3</sub> /l.
Fluor . . . . .	0'14	0'17	0'10	mg. F/l.
Sílice . . . . .	5'9	11'3	1'2	mg. SiO <sub>2</sub> /l.
Calcio . . . . .	57'2	66'5	44'5	mg. Ca/l.
Magnesio . . . . .	12'3	19'5	8'3	mg. Mg/l.
Sodio . . . . .	27'4	42'2	15'2	mg. Na/l.
Potasio . . . . .	4'2	7'0	1'7	mg. K/l.

## AGUA DE ABASTECIMIENTO DE BARCELONA - ZONA LLOBREGAT

*Datos del análisis químico del año 1973*

	Promedio	Máx.	Mín.	
Temperatura . . . . .	17'3	27'0	8'0	°C.
pH . . . . .	7'01	7'99	6'62	
Conductividad a 20°C . . . . .	2.482'0	4.266'0	1.068'0	micromhos. cm.
Residuo a 110°C . . . . .	1.688'0	2.470'0	690'0	mg./l.
Alcalinidad (T.A.C.) . . . . .	194'0	316'0	138'0	mg. CO <sub>2</sub> Ca/l.
Anhídrido carbónico libre . . . . .	15'8	28'2	2'6	mg. Co <sub>2</sub> /l.
Dureza total . . . . .	552'0	636'0	358'0	mg. CO <sub>3</sub> Ca/l.
Dureza total . . . . .	55'2	63'6	35'8	°F.
Bicarbonatos . . . . .	236'7	385'5	168'4	mg. CO <sub>3</sub> H/l.
Cloruros . . . . .	591'6	1.297'8	113'5	mg. Cl/l.
Sulfatos . . . . .	236'0	285'1	151'7	mg. SO <sub>4</sub> /l.
Nitratos . . . . .	4'6	8'3	0'2	mg. NO <sub>3</sub> /l.
Fluor . . . . .	0'19	0'29	0'13	mg. F/l.
Sílice . . . . .	7'0	10'2	2'6	mg. SiO <sub>2</sub> /l.
Calcio . . . . .	132'2	157'9	97'0	mg. Ca/l.
Magnesio . . . . .	52'6	73'0	28'2	mg. Mg/l.
Sodio . . . . .	300'9	470'4	85'2	mg. Na/l.
Potasio . . . . .	72'9	174'0	19'0	mg. K/l.

la extremada sequía sufrida, especialmente durante los últimos meses. Durante este año se encontraron cifras máximas y mínimas que se apartan extraordinariamente del valor promedio anual.

El agua procedente del río *Ter* es de baja mineralización, escasa dureza y predominantemente bicarbonatada cálcica, siendo notable la constancia de su composición a lo largo del año, a consecuencia de la homogeneización que se produce durante su permanencia en el sistema regulador Sau-Susqueda-Pasteral.

En ella no se han detectado otros indicios de polución que la presencia de bajos contenidos de detergentes (promedio 1973: 0,08 mg/l. y máximo 0,21).

Sin embargo, durante las últimas semanas del pasado año se produjo una notable anomalía que dio lugar a una auténtica avalancha de reclamaciones y quejas por parte de los abonados.

El nivel de los embalses descendió hasta llegar a las cotas más bajas alcanzadas desde su puesta en servicio y el agua para el abastecimiento de Barcelona se tuvo que captar en zona profunda, de características anaerobias y reductoras como corresponde a aquellas épocas del año para este tipo de embalses, según el fenómeno de la estratificación.

Dicha agua contenía apreciable cantidad de manganeso disuelto, que al llegar a la red de distribución y debido a la aireación y agitación se oxidaba a forma mangánica ( $Mn^{3+}$ ) y floculaba

en forma de hidróxido de manganeso de color pardo, causando la natural repulsa de los usuarios.

El agua superficial del río *Llobregat* está sujeta, por una parte, a las variaciones de composición que le imprimen las fuertes oscilaciones de su caudal todavía escasamente regulado hasta la terminación de las obras en curso (presa de La Baells) y otras en proyecto; y, por otra parte, a las consecuencias de los continuos y variados aportes de vertidos industriales y domésticos.

Se trata de un agua de mineralización fuerte, muy dura, bicarbonatada y sulfatada y con una característica particular de todos conocida, si bien no es tema que hoy nos ocupe: su contenido en cloruro sódico.

El agua que se capta para ser potabilizada, a la que llamamos "cruda", está siempre contaminada y en circunstancias como las que concurren en el pasado año, alcanzó índices elevadísimos de polución. Por esto, no es de extrañar que a pesar de ser sometida a un proceso de depuración largo, complejo y costoso, no se consiga obtener un producto (el agua potable es hoy día un producto manufacturado) de primera calidad organoléptica.

A pesar de ser en todo momento *potable* en el sentido sanitario de tal acepción, presenta a menudo características que la hacen menos agradable tanto para bebida como para usos domésticos, si bien en ningún caso se trata de elementos o de compuestos peligrosos para la salud pública.

Sabor a cloro y a clorocompuestos

(es decir, cloro residual libre y combinado), coloración amarillenta y opacidad por la presencia de hierro y de manganeso más o menos oxidados, espuma debida a trazas de detergentes, dureza y salinidad elevadas, fueron las características más sobresalientes de este agua en numerosas ocasiones, entre las que destaca el último período referido, y será difícil evitar que lo sean de nuevo alguna vez cuando se vuelvan a enfrentar, de una parte, caudal escaso y polución elevada y de otra la necesidad ineludible de mantener el suministro hídrico a Barcelona y a las poblaciones de su entorno.

Y, no obstante, es preciso afirmar que esta última premisa podría verse seriamente comprometida si se repitiese el hecho ocurrido ya más de una vez, de tener que interrumpir totalmente la captación y depuración del agua cruda por sobrepasar ésta los niveles de posibilidad de tratamiento. Así, por ejemplo, en dos ocasiones y durante varias horas, debido a la presencia de cromo hexavalente en concentración superior a 0,05 mg/l. y ello con los perjuicios de todo orden que supone para el mantenimiento del suministro en caudal y presión suficiente.

Respecto a la calidad de las *aguas subterráneas* captadas por pozos, la situación puede calificarse en general como de paulatino empeoramiento.

A título de ejemplos demostrativos y después de exponer los datos promedio de los análisis de cuatro pozos representativos correspondientes a 1973, citaré algunos casos concretos de recientes problemas detectados:

Así, por ejemplo, en el curso bajo y en el delta del río Besós son varios los pozos cuya explotación ha debido abandonarse ya sea por intrusión salina (penetración de agua de mar) o por presencia de polucionantes (manganeso, cromo y otros); uno de ellos, en San Adrián, aportaba su caudal a la red de suministro público y se encuentra fuera de servicio desde hace años. Otros (Santa Coloma, Monsolís), lo han estado intermitentemente durante muchos meses. Actualmente en el de Monsolís se aprecian indicios de cromo.

La presencia de detergentes, si bien como hemos dicho, no constituye peligro alguno y por ello es tolerada por las autoridades sanitarias, se acusa cada vez en mayor número de puntos. Así por ejemplo, Llanza en Moncada (indicios), Gavá 3 (0,10), Monsolís (0,20), Acueducto Vallés (0,08).

Finalmente citaré el hecho de que los pozos ubicados en la pequeña cuenca aislada de Gavá vienen registrando un constante aumento de su residuo salino total (cloruros, sulfatos, sodio, calcio, magnesio), pasando de 850 mg/l. en 1968 a 1900 en 1973.

Como es de suponer, estos hechos obligan a mantener una asidua vigilancia de todos y cada uno de los 50 distintos orígenes de aguas subterráneas al principio enumerados, además de los continuos controles de las aguas superficiales.

De este modo cuando se detecta alguna anomalía se interrumpe inmediatamente el aprovechamiento del agua captada, que debe ser suplida por la

## DATOS PROMEDIO ANUALES 1973

	Pozo n.º 16 Cornellá	Pozo n.º 4 Gavá	Pozo n.º 3 Besós	Pozo Donadeu Moncada	
Temperatura . . . . .	17'1	19'0	17'0	15'6	°C
pH . . . . .	7'21	7'27	7'24	7'22	
Alcalinidad (T.A.C.) . . . . .	321'0	318'0	337'0	344'0	mg. CO <sub>3</sub> /l.
Anhídrido carbónico libre . . . . .	18'7	14'3	20'1	17'9	mg. CO <sub>2</sub> /l.
Dureza total (Ca + Mg) . . . . .	616'0	714'0	564'0	570'0	mg. CO <sub>3</sub> /l.
Conductividad a 20°C . . . . .	1.982'0	2.349'0	1.418'0	1.400'0	micromhos/cm.
Residuo a 110°C . . . . .	1.412'0	1.702'0	950'0	935'0	mg./l.
Bicarbonatos . . . . .	392'0	387'9	411'2	420'1	mg. CO <sub>3</sub> H/l.
Carbonatos . . . . .	0'00	0'00	0'00	0'00	mg. CO <sub>3</sub> /l.
Cloruros . . . . .	339'9	592'0	129'5	139'0	mg. Cl/l.
Sulfatos . . . . .	231'7	165'7	199'1	202'7	mg. SO <sub>4</sub> /l.
Nitratos . . . . .	6'7	33'9	28'7	32'0	mg. NO <sub>3</sub> /l.
Nitritos . . . . .	0'00	0'00	0'00	0'00	mg. NO <sub>2</sub> /l.
Amoníaco . . . . .	0'38	0'00	0'00	0'00	mg. NH <sub>3</sub> /l.
Sodio . . . . .	193'3	280'1	101'0	103'4	mg. Na/l.
Potasio . . . . .	17'5	22'7	7'4	3'4	mg. K/l.
Calcio . . . . .	169'1	169'9	160'1	160'8	mg. Ca/l.
Magnesio . . . . .	47'2	70'5	37'7	41'0	mg. Mg/l.
Materia orgánica (Mn O <sub>4</sub> K) . . . . .	2'23	1'56	2'10	2'20	mg. O <sub>2</sub> /l.
Cloro residual . . . . .	0'80	0'50	0'52	0'94	mg. Cl <sub>2</sub> /l.

procedente de otros orígenes hasta que se consiga normalizar la situación, mediante bombeo continuo desechando el agua elevada o bien mediante adecuado tratamiento en el hipotético e infrecuente supuesto de que ello resulte técnica y económicamente viable.

Evidentemente, podrían citarse otros casos característicos más o menos aislados y representativos, pero pienso que con lo dicho he intentado ofrecer, dentro del limitado tiempo disponible, una imagen real de la calidad de nuestras aguas en la actualidad.

## FRANCISCO HERNANDEZ-GUTIERREZ

Barcelona, con 97,71 kilómetros cuadrados y 1.871.561 habitantes en 1972, y las aglomeraciones urbano-industriales de su zona de influencia, constituyentes de la Comarca de 1953, cuya superficie y población se detallan en el Cuadro I, con un total de

489,34 km<sup>2</sup> y 2.809.294 habitantes, obtienen sus recursos hídricos de las cuencas de los ríos Besós y Llobregat, ampliados con los de la del Ter, para aliviar una situación ya crítica en el decenio 1950-60.

Por Decreto del M.O.P. de 31 de

marzo de 1950, se encargó a la Confederación Hidrográfica del Pirineo Oriental el estudio del abastecimiento a Barcelona, aprobándose el proyecto de aprovechamiento parcial del caudal del Ter en 5 de septiembre de 1958, de modo que se asegurase su calidad.<sup>1</sup> El estudio de tratamiento fue reali-

zado en el Laboratorio Municipal, a requerimiento de la Junta Administrativa del Nuevo Abastecimiento (JANA), por Decreto de la Alcaldía de 31 de julio de 1962, terminándose en 1965 sirviendo de base para el tratamiento a efectuar en la Estación depuradora de Cardedeu.

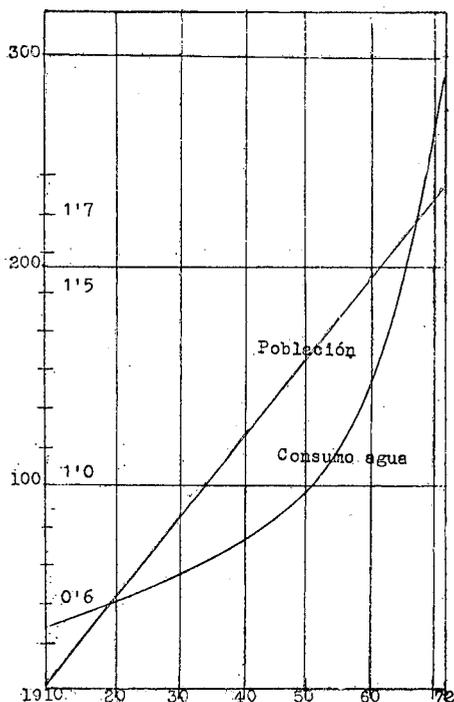
CUADRO I

Municipios	F (l)	km <sup>2</sup>	Hab.	Hab/km <sup>2</sup>
Badalona	D	22'47	172.867	7.601
BARCELONA	D	97'71	1.871.561	19.195
Castelldefels	M	12'41	13.972	1.120
Cornellá	S	6'90	81.279	11.779
Esplugas de Llobregat	Q	4'62	31.244	6.761
Gavá	Q	30'90	25.006	809
Hospitalet de Llobregat	D	21'98	251.672	11.450
Molins de Rey	M	16'00	15.083	942
Montcada-Reixac	Q	23'34	22.380	959
Montgat	M	2'83	5.094	1.800
Pallejá	M	8'41	4.248	505
Papiol	M	9'83	2.627	266
Prat de Llobregat	Q	32'23	21.101	1.275
Ripollet	Q	4'39	25.976	5.006
S. Adrián de Besós	Q	6'14	25.497	4.151
S. Baudilio de Llobregat	S	21'94	53.424	2.430
S. Clemente de Llobregat	M	10'73	1.882	175
S. Cugat del Vallés	Q	48'32	21.176	435
S. Feliu de Llobregat	Q	11'79	24.975	2.190
S. Juan Despí	M	5'63	18.103	3.215
S. Justo Desvern	M	7'85	9.248	1.178
S. Vicente dels Horts	M	9'14	1.955	214
Sta. Coloma de Cervelló	M	7'52	15.201	2.021
Sta. Coloma de Gramanet	D	7'05	118.012	16.739
Sardanyola	Q	31'20	20.723	664
Tiana	M	7'90	2.627	332
Viladecans	Q	20'11	26.460	1.315
		489'34	2.809.294	5.741

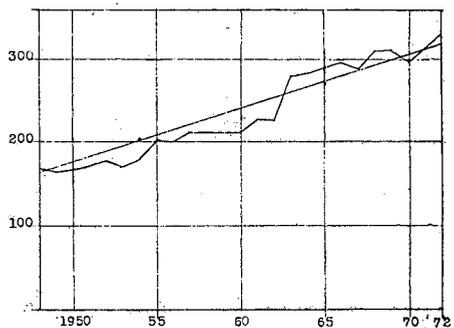
1. F = Frecuencia impuesta por el CAE (art. 3.27.12) para los análisis de control de aguas potables. D = diario; S = semanal; Q = quincenal; M = mensual.

1. Calidad: definida según la composición químico-biológica y propiedades físicas que caracterizan el agua librada al consumo. Viene determinada por dos factores: el carácter de los estratos geológicos de la cuenca y las aportaciones que recibe a lo largo del curso. Tal es el origen de variaciones dependientes de la cuenca de alimentación y de la polución; el agua fluvial, aprovechada por una comunidad ribereña —urbana o industrial— vuelve, con los vertidos residuales, tratados o no, al cauce, de lo que resulta la repetida reutilización de las aguas.

## GRAFICO II

POBLACIÓN 1910-72 EN MILLONES H.<sup>1</sup>*Consumo de agua 1910-1972<sup>2</sup>*en millones de m.<sup>3</sup>/año  
Barcelona - Ciudad

## GRAFICO III

*Consumo de agua en Barcelona, en l/hic/día*

1. De «Estadística Municipal», 1971.

2. 1910-62 v. L. Miravittles y F. Hernández: «Miscelánea Barcinonensia», 1963, IV, 31.

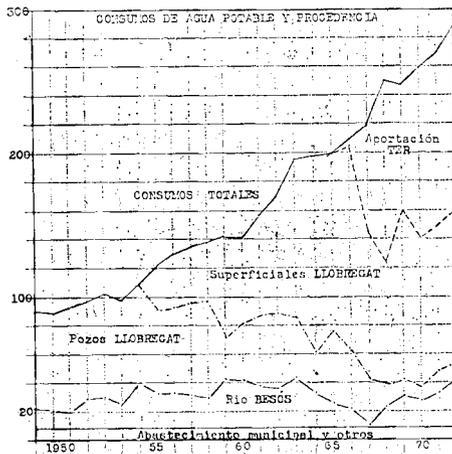
1963-72: Datos facilitados por el Jefe de la Unidad de Servicios Municipales Dr. I.º M. Birulés.

En el área considerada constituye un serio problema el de la degradación de la calidad de las aguas de abastecimiento, de modo progresivo, por los efectos de la polución —dejando aparte los relativos a la transmisión de enfermedades hídricas— de toxicidad directa, incidencia sobre la salubridad de los alimentos, limitación de algunas actividades industriales y agropecuarias, inhibición de los procesos de bioxidación, dificultades de sedimentación natural, etc., etc.

Consecuencia todo de la limitación de caudales disponibles, de la reutilización de las aguas usadas y de una creciente demanda individual. En el cuadro I y en los gráficos II y III pueden advertirse la considerable densidad demográfica de la Comarca y

de la capital, el aumento de consumo individual, doblado en veinticinco años y del total que ha alcanzado casi el triple, al mismo tiempo que lo hacía la población y en el IV, la distribución de las aportaciones en relación con las cuencas de captación que, por su diversa composición y cambiante relación de volúmenes, determinan alteraciones en la del agua suministrada. Consideraciones todas según la Ley de Bases de Sanidad de 25 de noviembre de 1944, que en la núm. 27 obliga a los municipios a proporcionar agua potable, de pureza bacteriológica garantizada o, por lo menos, sanitariamente tolerable, a través de un sistema de abastecimiento que cumpla unas condiciones mínimas, a cuyo efecto deberá fijarse el consumo diario individual.

GRAFICO IV



La distribución de las aguas que abastecen la ciudad de Barcelona, según su origen es la que figura en el

gráfico IV y el siguiente cuadro V, es la siguiente, correspondiendo el total, evidentemente, al consumo.

## CUADRO V

Consumo, por orígenes, de agua en Barcelona en millones de m.<sup>3</sup>/año

	50	52	54	56	58	60	62	64	66	68	70	72	%
Besós	14	19	32	25	21	32	22	23	15	19	18	26	8'90
Llobregat superf.	—	—	—	40	43	58	83	137	145	86	106	109	37'32
Idem. pozos	69	72	63	60	69	36	54	28	40	15	10	10	3'42
Ter	—	—	—	—	—	—	—	—	2	87	118	139	47'60
Otros	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	2'73
	91	99	103	125	133	134	167	196	210	215	260	292	99'97

En la Ciudad Condal, las aguas del Llobregat se unen con las del Ter y del Besós por un sistema de interconexiones que determinan, dadas las distintas características de dichas aguas, mezclas de composición cambiante con las que se asegura un suministro cuantitativamente regular.

La totalidad se halla contaminada química y biológicamente. Las superficiales del Besós, de régimen torrencial intermitente, de las que desapareció la fauna acuática, son de calidad muy deficiente, fuertemente contaminadas por material de origen orgánico (amoníaco, hasta 30 mg/l; ácido sulfhídrico, 2 mg/l; fenoles y aminas, DQO de 20 a 50 mg/l.) no siéndolo menos por sales, de 150 a 800 mg/Cl<sup>-</sup>/l; 250 mg SO<sub>4</sub><sup>=</sup>/l, 500-600 mg CO<sub>3</sub><sup>=</sup>/l y una dureza equivalente a 300-800 mg de CO<sub>3</sub>Ca/l.

El Llobregat, uno de los ríos mejor aprovechados del mundo con hasta 650 mg de Cl<sup>-</sup>/l, dureza equivalente a 250-900 mg CO<sub>3</sub>Ca, y de 40 a 270 mg/l de SO<sub>4</sub><sup>=</sup> y pequeñas cantidades de amoníaco, nitritos y nitratos,

aporta con su afluentes Cardoner y Anoia un volumen medio anual de 630 Hm<sup>3</sup>, medidos en la estación de aforos de Martorell.

En el sistema Sau-Susqueda-Pastoral, el Ter acumula unos 570 Hm<sup>3</sup>, de los que una parte se utilizan para el abastecimiento de Barcelona y de algunas poblaciones del trayecto. Sus aguas deben tratarse en la planta de Cardedeu, ya que su cuenca alta recibe unos 30.000 m<sup>3</sup>/día de residuales de las industrias textil, papelera, de curtición y alimentaria, sólo parcialmente depuradas.

Como del cuadro V se deduce, casi el 85 % lo aseguran las aguas superficiales polucionadas, componiendo el resto las de origen subálveo, más puras. Las superficiales del Llobregat son depuradas en la estación de tratamiento de San Juan Despí, clorándose las subálveas en origen antes de entrar en el sistema urbano de distribución.

Las aguas suministradas satisfacen las necesidades cuantitativas de la población, aunque se hallan afectadas por caracteres organolépticos desagradables.

bles —olor, sabor, en ocasiones espuma— que constituyen el aspecto más notorio del abastecimiento, cuya garantía sanitaria es, por otra parte, total.

Es copiosa, en España, la legislación sobre aguas superficiales. La Ley de Aguas de 13 de junio de 1879, prohibía ya los vertidos a los ríos de los que se habían de obtener aguas potables, debiéndose procurar la depuración de las residuales antes de su incorporación a la corriente fluvial, según la R. O. de 11 de agosto de 1911, insistiéndose en el tratamiento cuando los procesos autodepurantes se muestren insuficientes, por el R.D. de 9 de febrero de 1925.

El Decreto de 14 de noviembre de 1958 prohíbe los vertidos cuyo contenido implique la polución de los cursos receptores por subproductos como fenoles, mercaptanes, hidrocarburos, tensoactivos, plaguicidas, etc., que aún a concentraciones insuficientes para ser consideradas como perjudiciales, dan lugar a concentraciones tan reducidas como 1 ppb. Estos inconvenientes son superables por cloración en las estaciones de tratamiento, aunque quedando siempre cierto regusto a lejía que garantiza, sin embargo, la tolerancia de aguas que de otro modo no hubiesen sido aprovechables.

El Código Alimentario Español (CAE) de 1967 (D. de 21 de septiembre de 1967), promulgado pero no aún en vigor, exige que las aguas potables posean determinados caracteres organolépticos y físicos y que su contenido iónico o la presencia de sustancias,

especificadas en el cuadro VI, no excedan de los límites tolerables señalados, ateniéndonos, exclusivamente, al concepto de polución, razón por la que no se incluyen los agentes patógenos vivos que puedan contaminar el agua y que son eliminables en el curso de los tratamientos corrientes.

De cuanto precede se puede deducir que los inconvenientes atribuidos a la polución son problemas ciertos a los que se enfrentan los organismos responsables de la sanidad pública con dificultades que fueron reconocidas por la Organización Mundial de la Salud en 1967.

De las disposiciones legales sobre aguas de consumo se sigue como necesario el control químico y bacteriológico de potabilidad, con la periodicidad mínima que ha quedado indicada en el cuadro I, y que corre a cargo del municipio, de ordinario a través del Inspector Farmacéutico Municipal, considerado al efecto como funcionario técnico del Estado (Regto. 14 de junio de 1935, art. 9) o del Laboratorio Municipal en las ciudades que lo tengan.

En cualquier caso, de ser necesario, puede intervenir la Jefatura Provincial de Sanidad con sus servicios y laboratorios para asegurar la potabilidad, procediendo, si el caso lo requiere, al cierre de una fuente en tanto no se corrijan las deficiencias observadas.

La polución química y la contaminación bacteriana se hallan sisempre en el origen de situaciones de riesgo que Barcelona hubo de conocer durante la segunda década del siglo. De éstas, decía Ramón Turró que la ciu-

## CUADRO VI

*Código Alimentario Español - Cap. XXVII - Aguas - Decreto 24/84/1967*

<i>Condiciones físicas</i>	<i>Límites tolerables</i>
Olor	Inodoro, excepto en aguas tratadas
Sabor	Insípidas, excepto en aguas tratadas
Color	Hasta 15 mg Pt/l.
Turbidez	Hasta 10 mg SiO <sub>2</sub> /l.
<i>Condiciones químicas</i>	
pH	De 6'5 a 9'2
Residuo seco a 110°C	1.500 mg/l.
Cloruros	350 mg/l. de Cl <sup>-</sup>
Sulfatos	400 mg/l. de SO <sub>4</sub> <sup>=</sup>
Nitratos	30 mg/l. de NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>
Calcio	200 mg/l. de Ca <sup>2+</sup>
Magnesio	100 mg/l. de Mg <sup>2+</sup>
Hierro + Manganeso	0'3 mg/l. de Fe + Mn
Poder reductor (del MnO <sub>2</sub> K)	3'0 mg O <sub>2</sub> /l.
Aluminio	Sólo en aguas tratadas, índice no superior al inicial
Cinc	1'5 mg/l. de Zn
Cobre	1'5 mg/l. de Cu
Plomo	0'1 mg/l. de Pb
Selenio	0'05 mg/l. de Se
Arsénico	0'2 mg/l. de As
Cromo	0'05 mg/l. de Cr
Fluor	1'5 mg/l. de F
Cianuros	0'01 mg de CN <sup>-</sup>
Fenoles	0'001 mg de
debiéndose considerar, por consiguiente, como IMPOTABLES o POLUCIONADAS, todas las que contengan uno o más de los factores citados en cantidad por litro mayor que la indicada.*	
<i>Radiactividad</i>	No superior a 10 <sup>-4</sup> microcurios/l.

\* Nota del autor.

dad era capaz de superarlas si sabía defenderse con los medios científicos a su alcance, lo que hoy realiza eficazmente el mismo Laboratorio Municipal que dirigió aquel biólogo. Actualmente depende de la Unidad Operativa de Salud Pública, de acuerdo con el art. 101 de la Ley de Régimen Local

de 22 de junio de 1955, asumiendo la vigilancia de las aguas de consumo, en consonancia con el R. D. de 14 de septiembre de 1920, con absoluta independencia de la comprobación, antes de su distribución, realizada por los servicios técnicos y analíticos de la Sociedad General de Aguas.

En el Reglamento aprobado por la Comisión Municipal Permanente en 18 de junio de 1930, se ponía de manifiesto la orientación mixta, químico-bacteriológica, del Departamento de Hidrología, cuya finalidad primera era el control sanitario sistemático de las aguas de consumo de la Ciudad, que además de las mencionadas, aprovecha otras extraídas por particulares y algunas pequeñas empresas, con redes limitadas de distribución (unos 23 km) en volumen total aproximado de un millón de m<sup>3</sup>/año.

En 23 de noviembre de 1966, la Comisión Municipal Ejecutiva, acordó ampliar el campo de acción del Departamento de Hidrología a:

a) el ejercicio continuado y sistemático del control sanitario de las aguas de consumo de la ciudad, *de cualquier origen*.

b) dictar las medidas a adoptar en orden a la salubridad del agua, comunicándolas a los organismos interesados, y

c) el estudio de la depuración de las aguas fluviales que pudieren aprovecharse para un futuro abastecimiento.

En 2 de febrero de 1967 fue aprobado el Reglamento para el régimen de abastecimiento y distribución de las aguas de Barcelona, en cuyo art. 88 se encarga al Instituto Municipal de Higiene, asistido por el Laboratorio Municipal, la inspección de las aguas y, por el 89, que sea el Departamento de Hidrología el que organice la toma de

muestras en los puntos de las captaciones o de la red de distribución que considerase convenientes.

La distribución del trabajo de control entre los diversos servicios del Departamento se representa en el siguiente organigrama, en el que, además, figuran los centros y organismos que reciben la información obtenida. (v. gráfico VII).

### El control

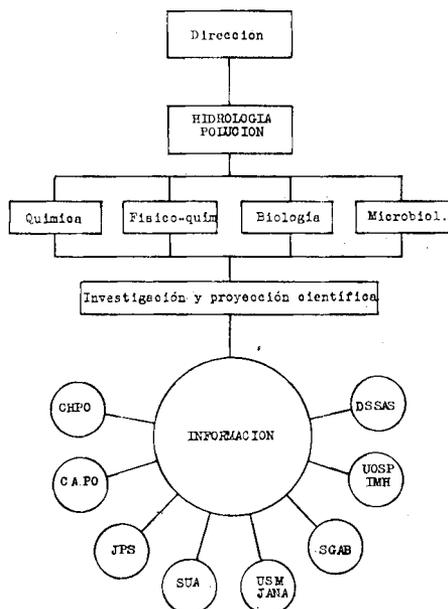
No se limita a las aguas de consumo como tales, extendiéndose a las empleadas en la fabricación de hielo (O. P. G. 16 agosto 1964), de bebidas gaseosas, cervezas, industrias de la leche y derivados y en las de productos alimenticios en que se utilicen envases recuperables. Se analizan las aguas en centros como hospitales, colegios, hoteles, de alta concentración humana.

A solicitud de los interesados, se examinan las muestras captadas en cualquier punto del área municipal, indicado en los impresos especiales que se reproducen, a) y b).

En todos los casos, el control de potabilidad implica la comprobación de no excederse los límites tolerables de los factores y elementos relacionados en el cuadro VI.

El proceso comprende la inspección y toma de muestras en orígenes, en la red de distribución, con algunas pruebas en el momento de la captación, su transporte al Laboratorio y los análisis que interesen en éste.

GRAFICO VII



CHPO = Confed. Hidr. Pir. Oriental

CAPO = Comisaría Aguas Pir. Oriental

JPS = Jefatura Provincial Sanidad

SUA = Sub Unidad Aguas

USM = Unidad Servicios Municipales

SGAB = Sociedad General Aguas Barcelona

UOSP = Unidad Operativa Salud Pública

DSSAS = Delegación Servicios Sanidad y Asistencia Social

JANA = Junta Administrativa Nuevo Abastecimiento

### *Inspección y toma de muestras en orígenes*

En la cuenca del Llobregat se opera sobre muestras de "agua cruda" del río y las extraídas en cada una de las fases del tratamiento en la central de San Juan Despí, en el depósito de Esplugas y de las subálveas elevadas en los pozos de Cornellá. Estas, captadas por un técnico del Departamento y las tomadas durante la depuración,

son examinadas diariamente, anotándose la hora del muestreo y los resultados obtenidos "in situ" relativos al color, turbidez, formación de espuma, salinidad y nivel del cloro residual que, como mínimo, debe ser de 0,1 mg/l. En el Laboratorio se completa el análisis con las determinaciones de resistividad, pH, alcalinidad, dureza, nitrógeno, poder reductor y se comprueba la ausencia de los elementos de contaminación citados; los resultados se comuni-

a)

**AYUNTAMIENTO DE BARCELONA**

LABORATORIO MUNICIPAL

DEPARTAMENTO DE HIDROLOGIA

Boletín de inscripción

n.º .....

Análisis solicitado por D. ....

Residente en .....

Domiciliado en .....

Naturaleza del manantial .....

Nombre       »       » .....

Situación .....

Término municipal .....

Usos a que va destinada el agua .....

Fecha captación .....

» entrada .....

Captación efectuada por .....

Tipo de Análisis .....

Importe del Análisis .....

Talón de pago n.º .....

N.º Registro Químico .....

N.º Registro Bacteriológico .....

Barcelona,       de       de 19 .....

b)

AYUNTAMIENTO DE BARCELONA  
LABORATORIO MUNICIPAL

DEPARTAMENTO DE HIDROLOGIA  
SERVICIO QUIMICO

Registro General, n.º 2354

Registro anual, n.º 137

Año 1973

Mes de Abril

## DATOS INFORMATIVOS

Análisis solicitado por D. Eduardo PALLAS GRAU  
Nuestra Señora, 123  
BARCELONA

## Características del manantial

Naturaleza POZO  
Nombre --  
Situación Montgat  
Término municipal id.  
Uso a que va destinada el agua doméstico

Fecha captación 12-4-73 Captación efectuada por interesado  
» entrada 13-4-73 Pagó derechos. Talón n.º  
» salida 24-4-73 en

OBSERVACIONES Análisis Químico-Sanitario

## INVESTIGACIONES ANALITICAS

	Resultado en mg/l (p. p. m.)		Resultado en mg/l (p. p. m.)
Residuo fijo a		Nitritos en N O <sub>2</sub>	NEGATIVO
Cloruros en Cl	55.70	Nitratos en N O <sub>3</sub>	0.6
» en Cl Na	82.60	Dureza total en CO <sub>3</sub> Ca	79
Sulfatos en SO <sub>4</sub>		» permanente en CO <sub>3</sub> Ca	
Calcio en Ca		» temporal en CO <sub>3</sub> Ca	45
Magnesio en Mg		Alcalinidad en CO <sub>3</sub> Ca	7.5
Materia orgánica en liquido ácido y en O	1.2	Indice pH a 20° C.	
Amoniaco directo	NEGATIVO.	Conductividad a 18° C en micromhos	

Estimación final: La muestra analizada presenta caracteres quimicos comprendidos en los límites señalados como CONVENIENTES por el C.A.E.

V.º B.º  
El Director



Barcelona, 24 de Abril de 1973

El Jefe del Departamento,

Registro General n.º 6280  
 Registro Anual n.º 248  
 COMISARIA DE AGUAS  
 DEL PIRINEO ORIENTAL

c)  
 AYUNTAMIENTO DE BARCELONA  
 LABORATORIO MUNICIPAL  
 DEPARTAMENTO DE HIDROLOGIA  
 SERVICIO DE INSPECCION DE AGUAS SUPERFICIALES

APROVECHAMIENTO DE AGUAS SUPERFICIALES DEL RIO LLOBREGAT  
 (SAN JUAN DESPI)  
 SOCIEDAD GENERAL DE AGUAS DE BARCELONA, S. A.  
 CONTROL FISICO-QUIMICO Y QUIMICO

Muestras captadas el día 12 de Noviembre de 1973

N.º	PROCEDENCIA DEL AGUA	Hora de captación	Color Estria A. H.	Turbidez Escala Siltica	pH	Conductividad 15°C en microhmhos	Salinidad en mg. Cl. l.	Acloridad en mg. CO <sub>2</sub> Ca. l.	Dureza total en mg. CO <sub>2</sub> Ca. l.	Amoníaco directo	Nitratos	Nitratos en mg. NO <sub>3</sub> l.	Oxígeno absorbido de 1 litro en 5 Mg. l.	Residuos Pendientes
1	Rio Llobregat (antes tratamiento)	8	27	67	7,75	3962	996	230	P. S.	3+	2+	P. S.	9,10	N
2	Rio Llobregat (Depurada)	9	8	1,6	6,85	3178	1011	160	---	H	N	---	3,60	N
3	Pozos Cornellá (mezcla)	10,30			No funciona									
4	Pozos Estrella (mezcla)	10,15			No funciona									
5	Depósito Esplugas (mezcla final)	10,15	2	1	9,02	3050	699	217	---	H	N	---	4,80	N

CONTROL BACTERIOLOGICO

N.º	PROCEDENCIA DEL AGUA	Hora de captación	N.º de gotas por ml. en placa de agar a 37°C a las 24 horas	COLIMETRIA N.º M. V. por litro			Enterococos N.º M. P. en 100 ml.	Gérmens aerobios en 1 litro a las 24 horas	CLORO RESIDUAL en mg. Cl. l.		OBSERVACIONES
				Presuntivo	CONFIRMATIVO				In. litro	A las 4 horas	
					B. Celi	Coliformes					
1	Rio Llobregat (antes tratamiento)									La Control de aguas superficiales funciona con caudal normal.	
2	Rio Llobregat (Depurada)		0	---	---			2,00	0,25		
3	Pozos Cornellá (mezcla)										
4	Pozos Estrella (mezcla)										
5	Depósito Esplugas (mezcla final)		0	---	---			0,90	0,30		

V.º B.º  
 EL DIRECTOR  




Barcelona, 14 de Noviembre de 1973  
 EL JEFE DEL DEPARTAMENTO,  
 Acctal.  


CONTROL QUIMICO DEL SERVICIO HIDRICO A LA RED DISTRIBUIDORA DE BARCELONA

MUESTRAS CORRESPONDIENTES A LA SEMANA DE 1 - 4 A 7 - 4 DE 19 74

Exp. 223885 IMP. HOGAR N.º 1 - PORT

ORIGENES	COLOR ESCALA A H.	TURBIDEZ ESCALA SILICE	INDICE pH	CONDUCTIVIDAD a 18°C en micromhos	SALINIDAD en mg. Cl/l	ALCALINIDAD en mg. Co <sub>3</sub> Ca/l	DUREZA TOTAL en mg. Co <sub>3</sub> Ca/l	AMONIACO DIRECTO	NITRITOS	NITRATOS en mg. NO <sub>3</sub> /l	OXIGENO ABSORBIDO DEL MnO <sub>4</sub> K en mg./l		
<u>SERVICIO MUNICIPAL</u>													
CUENCA "R" BESOS													
HEIXAGO													
TRINIDAD ENTRADA			7,6	1349	184	315	595	N	N	13,9	2,9		
BESOS SUPERFICIAL													
RIPOLL													
<u>SERVICIO S.G.A.B.S.A.</u>													
CUENCA R. TER													
CENTRAL ALTURAS			7,4	434	43	120	210	N	N	6,9	2,2		
" BESOS			7,7	1208	149	308	560	N	N	13,6	2,4		
CUENCA R. LLOBREGAT													
C. S. J. DESPI (DEPURADA)			7,4	1148	177	188	400	N	N	2,1	2,6		
POZOS CORNELLA (MEZCLA)													
DEPOSITO ESPLUGAS (MEZCLA TOTAL)			7,4	1052	163	190	420	N	N	2,0	2,8		

V.º B.º  
EL DIRECTOR  




BARCELONA, 8 DE Abril DE 19 74  
EL JEFE DEL DEPARTAMENTO, Acctal. p)



## SERVICIO DE CONTROL DE AGUAS SUPERFICIALES

## DATOS INFORMATIVOS URGENTES

N.º	Procedencia del agua	Hora de captación	Color Escala A. H.	Turbidez Escala Sílice	Salinidad en mg. Cl/l	Derivados Fenólicos	Cloro residual: In situ	
1	Rio Llobregat (antes tratamiento)	8	15	8'10	145	N	--	
2	Rio Llobregat (depurada)	9	4	7'30	102	N	1'5	
3	Pozos Cornellá (mezcla)	10'30						
4	Pozos Estrella (mezcla)	10'15						
5	Depósito Esplugas (mezcla final)	10'15	2	1'5	149	N	1'0	
6								
7								

Caudal del río 75.800 l/s. - Agua impulsada 5.280 l/s. - Fecha de captación 29/3/74.

Observaciones: temp. 13º C

El encargado del Servicio,

can mediante los impresos c) y d). Las muestras cuyo grado de cloración se estime insuficiente son sometidas al análisis bacteriológico, determinándose eventualmente la DBO. El conjunto de datos, registrado en libros especiales, se comunica como información urgente mediante impresos adecuados e), en los que, además, figuran el caudal fluyente, el volumen de agua impulsada e incidencias.

De modo idéntico se opera sobre las muestras recogidas en la Central Trinidad, Mina Reixagó y las superficiales de los ríos Besós y Ripoll, todas de la cuenca del Besós (impresos g).

En las centrales Alturas y Besós se toman muestras procedentes del Ter,

depuradas ya en la estación de tratamiento de Cardedeu, en las que el cloro residual se determina cada dos horas (impreso f).

*En la red de distribución.* Tras la recogida eventual de la mezcla superficiales tratadas del Llobregat con subálveas de la misma cuenca, a la salida de los depósitos en servicio, se procede a lo largo de los 1.611 km de la red de SGAB en el término municipal, sobre muestras de las fuentes públicas alimentadas por la misma, en número de 730. Además se toman en los puntos en que, según aviso diario de SGAB, quedan al descubierto o cortadas las canalizaciones a causa de avería o por obras.

f)



AYUNTAMIENTO DE BARCELONA

LABORATORIO MUNICIPAL

NUEVO ABASTECIMIENTO DE AGUA A BARCELONA

PARTE DIARIO DE FUNCIONAMIENTO.

Día 8 Mes Mayo Año 1974

TOMA DE MUESTRAS EFECTUADAS POR

S. G. A. B. S. A. y Laboratorio Municipal

LUGAR DE CÁPTACION: CENTRAL BESOS TER CLORO RESIDUAL: mg Cl/l

HORAS	1	2	3	4	5	6	7	8
CLORO LIBRE	0,80	=	=	=	0,70	=	=	0,80
HORAS	9	10	11	12	13	14	15	16
CLORO LIBRE	0,80	=	=	=	=	1,00	=	=
HORAS	17	18	19	20	21	22	23	24
CLORO LIBRE	1,00	=	0,80	=	=	=	=	=

LUGAR DE CAPTACION: CENTRAL ALTURAS TER CLORO RESIDUAL: mg Cl/l

HORAS	1	2	3	4	5	6	7	8
CLORO LIBRE	0,50	=	=	=	=	0,60	=	=
HORAS	9	10	11	12	13	14	15	16
CLORO LIBRE	0,60	=	=	=	0,70	0,90	1,00	=
HORAS	17	18	19	20	21	22	23	24
CLORO RESIDUAL	1,00	=	0,90	=	0,80	0,70	=	=

DATOS BACTERIOLÓGICOS

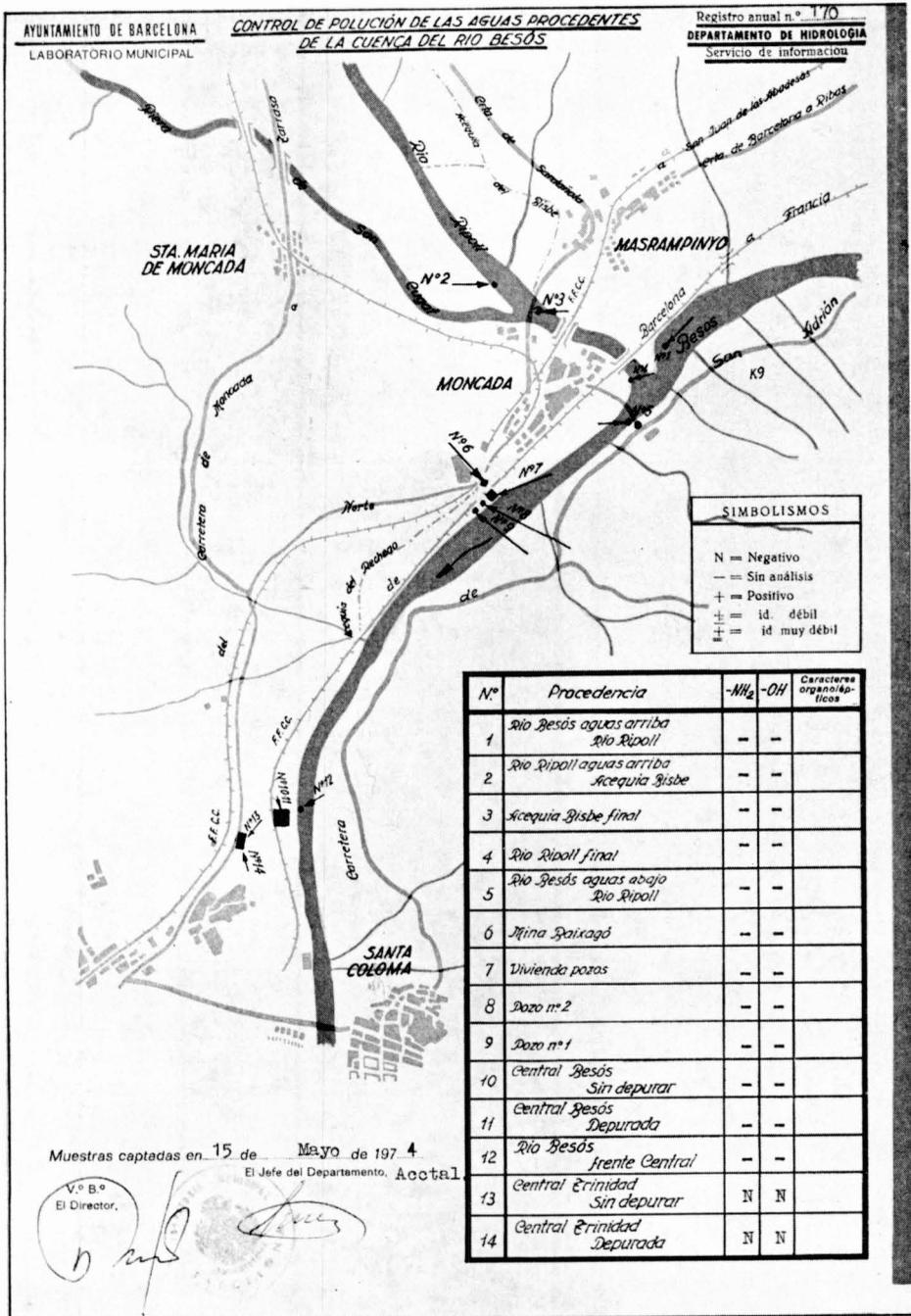
COSUMO DIA: 4,270 m<sup>3</sup>/s caudal promedio de las 24 horas.CONSUMOS PREVISTOS: 4,270 m<sup>3</sup>/s caudal promedio de las 24 horas.

OBSERVACIONES: Por contener cloro residual suficiente no se procedió al análisis bacteriológico.

EL DIRECTOR



EL JEFE DEL DEPARTAMENTO. Acctal.



El trabajo se efectúa considerando la superficie urbana en zonas dependientes del diámetro de las conducciones; en cada una, las fuentes denominadas principales se consideran afectadas a un centro de distribución del que parten tuberías de menor calibre.

La inspección por zonas se verifica en dos grupos, uno matinal y otro por la tarde, de cinco horas cada uno, dirigidos por un técnico del Departamento de Hidrología que sigue, en un vehículo acondicionado al efecto, del Parque Móvil municipal, con conductor adscrito al mismo, itinerarios variables que totalizan un promedio anual de 18.000 kilómetros, de modo que sean visitadas todas las fuentes clave y algunas secundarias y que cada seis semanas se hayan tomado muestras de todas las de la red. Cada grupo comprende, además, las obtenidas en puntos considerados de interés, a los que ya se hizo referencia, y en las pequeñas distribuciones, que suponen 23 km de conducciones.

En la zona de Monjuic la toma de muestras la realiza el Instituto Municipal de Higiene en el depósito de Montjuic y en las fuentes alimentadas por el sistema de conducciones en el parque y montaña.

Todas las determinaciones analíticas y las relativas al control de los factores de polución (Cuadro VI) se efectúan por los métodos que la experiencia de muchos años ha sancionado como más seguros, razón por la que se consideran de valor oficial, ya que en España no se han impuesto aún los propuestos por la OMS ("Normas

internacionales aplicables a las aguas potables", Ginebra, 1958), los clásicos de la American Public Health Association ("Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater", Nueva York, 1966) y los que se van publicando por el Instituto de Hidrología, del Consejo Superior de Investigaciones Científicas, "Métodos normalizados para el análisis de las aguas".

### *Consideraciones finales*

La polución mixta urbana-industrial se acusa, en el tiempo, con intensidad variable, en las aguas que, procedentes de las tres cuencas, abastecen las poblaciones integradas en la Comarca barcelonesa.

El Llobregat, de aguas muy puras en la cabecera (6,9 mg Cl<sup>-</sup>/l) se fue salificando con la aportación de su afluente más importante, el Cardoner, cuyas aguas fuertemente polucionadas por el Arroyo Salado en Cardona, de caudal limitado pero con cloruro sódico que en 1931 llegaba a 203,7 gramos por litro, se cargaban, aún más, a medida que se iniciaba en Suria (1925) y en Cardona (1929) el beneficio de las sales potásicas de los depósitos subyacentes de carnalita y silvinita, hasta el punto de ser declarados abusivos por la R.O. de 31 de marzo de 1928 los vertidos de aguas residuales de aquella explotación minera. Posteriormente, entre 1930 y 1940 se ampliaron las extracciones en el propio río Llobregat, en Sallent y Balsareny, empeorando, lógicamente, la situación, reflejada,

aunque con cierto retraso, en las aguas subálveas bombeadas en Cornellá por SGAB:

Años	mg Cl <sup>-</sup> /l.
1915	80
1933-34	188
1935-39	157
1940-44	169
1945-49	223
1950-54	266
1955-59	293
1960-64	305
1965-69	319
1970-73	332

datos que sirvieron para el cálculo de la tendencia, cuya línea prueba una razón ascendente, media de 3,19 mg Cl<sup>-</sup>/l/año. (Gráfico VIII.)

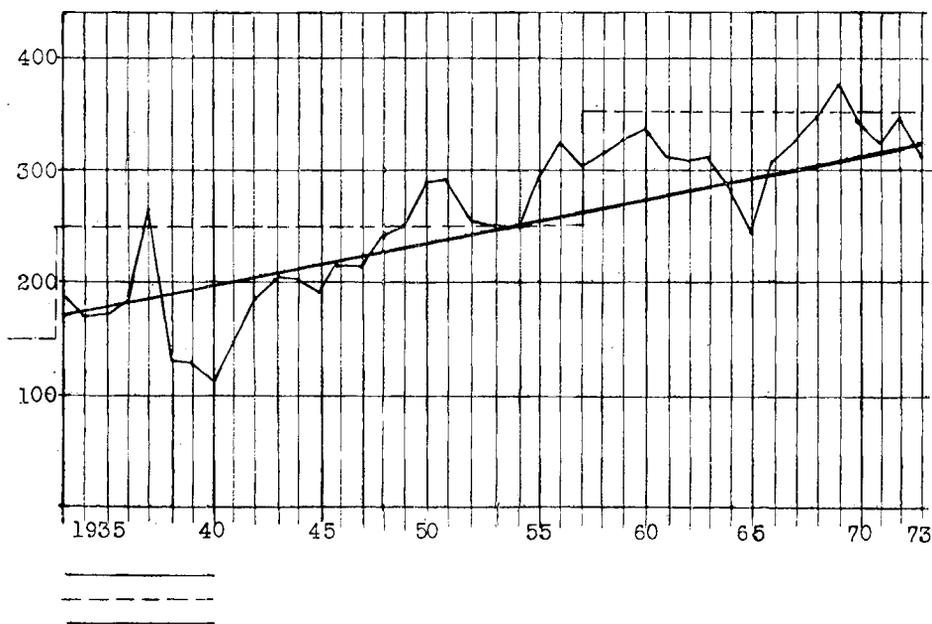
Las variaciones de salinidad son, en la superficie, inmediatas en las avenidas y muy notables en los estiajes. Como ejemplos demostrativos nos limitamos a citar algunos datos obtenidos sobre muestras tomadas en el último tramo del río, en las proximidades de la estación de tratamiento de S. Juan Despí, después de recoger las aguas de sus afluentes Anoia y riera de Rubí, que contribuyen positivamente al deterioro de las del curso principal. El primero con unos 3 m<sup>3</sup>/s de caudal, aporta las residuales de tenerías y papeletras de Igualada, Capellades y Gelida, centros industriales con 70.000 habitantes. El segundo es vehículo de los vertidos de Tarrasa y Rubí, zona manufacturera con 175.000 habitantes. Dan idea de la polución salina de las superficiales en el punto citado, los siguientes máximos en época de sequía:

1965, julio	580 mg Cl <sup>-</sup> /l.
agosto	626
septiembre	2.411
1967, agosto	2.554
1973, agosto	1.244

El problema determinó la creación de la Comisión para el Estudio de la salinidad del Llobregat (CESALL), que en 16 de abril de 1932 informó que el aumento de salinidad en los pozos de Cornellá se debía a la infiltración de las superficiales en el hocino o Congost de Martorell, proponiendo —a los efectos legales de potabilidad— el control de los vertidos y la limitación a 250 mg Cl<sup>-</sup>/l, y la constitución de la CISALL (Comisión Inspectora de la Salinidad) por O. M. de 31 de julio de 1933 para el control de la polución salina. Ante el aumento continuado de ésta, la D. G. de Sanidad otorgó a SGAB autorización para que el agua distribuida pudiese alcanzar, sin sobrepasarlos, 350 mg Cl<sup>-</sup>/l, reiterada en el Reglamento de la CISALL de 1958. La Comisión confió al Laboratorio Municipal la toma de muestras y análisis a lo largo del río y de sus afluentes, que se contaron por millares en casi treinta años de labor ininterrumpida. De los datos obtenidos se dedujo la necesidad de evacuar las salmueras residuales al mar mediante la construcción de un colector. Durante los estiajes la tasa indicada se vio sobrepasada en algunas ocasiones, durante períodos más o menos prolongados, sin que, salvando la sensibilidad organoléptica de algunas personas, implicase inconvenientes sa-

## GRAFICO VIII

*Salinidad media anual aguas subálveas Pozos Cornellá (S.G.A.B.)*



nitarios de ninguna clase. En 1973, las aguas superficiales del Llobregat, antes de su captación para tratamiento en San Juan Despí, acusaron medias mensuales de 400,2 a 855,6 mg de clorión por litro, con promedio anual de 630,7 mg/l lo que supondría haber excedido el límite tolerado de 350 mg/l —para el agua distribuida— durante los doce meses. Conviene recordar, sin embargo, que el agua distribuida (ver cuadro V) es una mezcla en la que las del Llobregat suponen poco más del tercio.

El Besós, con 2-3 m<sup>3</sup>/s recibe las residuales de Sabadell y una docena de entidades menores, con 260.000 habitantes y numerosas fábricas de productos químicos, resinas artificiales

tensoactivos, metalurgia, curtidos, etc., alcanzando en el delta una DBO que supera los 100 mg/l y, ocasionalmente, caracteres organolépticos que llegan a la impotabilidad, como ocurrió en mayo de 1952; se resolvió el caso al localizarse el punto de vertido y descubrir un fenilsulfocloruro como causante del sabor amargo y mohoso del agua a concentraciones del orden de 1 parte por 10.000 millones.

Las aguas del Ter, con polución muy reducida en Sau y depuradas en Cardedeu, llegan a Barcelona y su zona en las mejores condiciones.

Si bien se ha demostrado el poder autodepurador de nuestros ríos, al mismo tiempo se ha evidenciado que en el área barcelonesa la proximidad de los

vertidos y la cuantía de los contaminantes impiden que las aguas lleguen a los puntos de captación en las condiciones deseables. La dificultad es mayor por la atomización industrial y la multitud de impurezas vertidas por innumerables pequeños emisarios y, aún más, si nos limitamos a la salinidad que en las condiciones actuales es prácticamente intratable.

Cabe agregar el carácter torrencial de nuestros ríos, la irregularidad de las precipitaciones y la insuficiencia de los recursos, a excepción del Ter, para cubrir las necesidades previsibles a corto plazo, reconocida ya en 1969 por el Ministerio de Obras Públicas (D.G. de O.P.; Comisaría de Aguas del Pirineo Oriental) en su "Estudio de los recursos hidráulicos totales del P.O."

Aparte el problema de la salinidad, actualmente en primer plano, las aguas del Llobregat se hallan contaminadas por tensoactivos biocidas, residuos de las industrias de la celulosa, curtición y químico-textil. Los vertidos de algunas empresas metalúrgicas han dado lugar a la aparición de cromo en cuan-

tía que en ciertos momentos llegó a ser preocupante. Sin embargo, la acción pública inmediata se reveló suficiente para el control efectivo de la contaminación. También se han advertido trazas de mercurio que resultan retenidas durante el tratamiento potabilizador en San Juan Despí.

Creemos que la construcción del colector de salmueras proyectado para su vertido directa al mar facilitaría una mejora importante de la calidad de las aguas; los vertidos de cualquier otro origen podrían ser, en principio, depurados específicamente en pequeñas estaciones (fábricas o grupos empresariales) que podrían prepararse para desarrollar, en un futuro que no creemos demasiado lejano, la *producción antipolución*, basada en técnicas de trabajo en circuito cerrado, sin vertido de residuales, a fin de asegurar el equilibrio ecológico a que se refería, no ha mucho, en relación con el informe del Instituto Tecnológico de Massachussetts (MIT) de 1971, el presidente de la Comisión Europea de la CEE, Mansholt.

F. JOSA

Todas las aguas de que se abastece la Comarca de Barcelona (incluso aquellas que proceden de las que llueven sobre su área, o bien se filtran en sus acuíferos y se extraen luego por medio de pozos) cuando se emplean son en su mayoría aguas reutilizadas

múltiples veces. Desafortunadamente, la mayor parte de las poblaciones y las industrias no tratan suficientemente sus vertidos o lo hacen de forma insuficiente, de modo que cada nueva utilización produce una degradación más en su calidad. Pero el caso es que aunque

todos los usuarios trataran de forma convencional sus efluentes, la degradación todavía se seguiría produciendo, aunque naturalmente el problema sería de características más reducidas. Las cargas de materias en suspensión, tanto orgánicas como minerales son relativamente fáciles de separar, transformar y concentrar dando unos residuos en forma de fangos. Pero muchas de las cargas en materias disueltas son de eliminación difícil y costosa. En cualquier caso los tratamientos dan lugar a un agua efluente mejorada fácil de eliminar y tal vez de reutilizar con ciertos fines; pero queda entonces el problema de eliminar los fangos, que constituye el capítulo más grave hoy día de la técnica tratamiento de aguas residuales.

El creciente consumo de agua para los servicios urbanos e industriales ha ido agotando las reservas existentes de aguas más o menos naturales y limpias en todos los países. Por otro lado, la reutilización sucesiva ha ido cargando cada vez más de polución las aguas disponibles de modo que la mayor parte de los países al enfrentarse con el problema del suministro para abastecimiento han ido pensando en recurrir a las masas de agua que tenían más a mano; y así se inició la investigación orientada en dos direcciones: por un lado la reutilización directa de los grandes caudales de aguas residuales que producen las propias aglomeraciones existentes y por otro lado a las aguas del mar que se encuentran próximas a una gran parte de los núcleos humanos y de las industrias que existen en el mundo.

Los resultados de las citadas investigaciones distan aún mucho de poderse generalizar técnica y económicamente. Por esta razón aún se recurrirá por mucho tiempo a costosos transportes y trasvases de agua dulce desde zonas ricas hidráulicamente a otras áridas. Estos transportes de agua, a veces a muy grandes distancias, ya los iniciaron con sus posibilidades los romanos y otras civilizaciones antiguas, pero siempre que el agua podía llegar rodada. Pero para poder trasvasar aguas a través de grandes divisorias y a enormes distancias, como por ejemplo el abastecimiento del sur de California en aguas del río Colorado y del río Sacramento, se ha precisado el desarrollo de una técnica fantástica tanto en la perforación de túneles como en la elevación de grandes volúmenes de agua, y al mismo tiempo, resolver problemas sociales y políticos derivados de la transferencia de aguas que consuetudinariamente se consideraban propias.

La comarca de Barcelona ofrece dos ejemplos representativos de estos trasvases. Uno es la aportación del Ter con agua rodada desde su toma hasta los depósitos de Barcelona. Y el otro ejemplo es el del proyectado trasvase del Ebro que elevando el agua desde el tramo final de este río hasta el campo de Tarragona, la irá repartiendo hasta llegar a la misma red de distribución de la comarca de Barcelona.

Al crecer los consumos, los posibles trasvases de la zona templada del mundo se irán también agotando, porque al mismo tiempo que aumentan los

volúmenes de agua que necesitan las cuencas receptoras, aumentan también los de la cuenca trasvasada. Y entonces no habrá más remedio que recurrir a utilizar las únicas aguas disponibles por poco apropiadas que ellas sean, y estas aguas se reducen exclusivamente a las propias residuales o a las del mar, cuando éste esté próximo.

La reutilización de aguas residuales en forma *indirecta*, es decir, vertiéndolas primero a un cauce del que luego se vuelven a tomar, no es nada nuevo: ya se ha visto que la mayor parte de los abastecimientos se hacen con agua reutilizada. El paso de las aguas por un curso natural o por un acuífero, produce una dilución y una autodepuración, gracias a la cual y con muchas reservas, este sistema, con un tratamiento previo, hace posible ciertas utilidades. La reutilización *directa* más o menos depurada ha sido empleada (y aún lo es) como abastecimiento de riegos agrícolas. Normalmente el fin primordial es producir una cosecha; pero también ha sido un medio rudimentario de tratamiento, que aún se emplea en París en los "champs d'épandage", y del que también tenemos un ejemplo que mostrar en Barcelona: García Faria, en el siglo pasado hizo el proyecto de Saneamiento de la Barcelona de Cerdá empleando este sistema. La filtración en el terreno constituye un filtro biológico que, en Barcelona debía conducir las aguas autodepuradas hacia el mar y en París las filtra hacia el Sena.

El caso de la reutilización directa de aguas residuales, aun cuando se depu-

ren con un tratamiento de los llamados completos, no resulta factible nada más que para riegos de cosechas de productos no comestibles crudos, para riegos de praderas y campos de golf, para refrigeración y para algún otro caso muy particular. Para otras posibles reutilizaciones se ha pensado en los denominados tratamientos "terciarios" o "avanzados". Estos tratamientos tienen por misión complementar los métodos convencionales eliminando las cargas de materias disueltas o materias muy finas.

Por el momento, digamos que en el mundo sólo existe una planta de depuración que produzca un efluente capaz de ser incorporado en la red de abastecimiento urbano, aunque desde luego se mezcla con una importante cantidad de agua (una parte por tres) natural. Se trata de la población de Windhock, en Africa del Sur. El proceso de depuración es muy complejo; combina estanques de estabilización con procesos biológicos, químicos y de pulido. El caudal de agua tratada es modesto (53 l/s) y, desde luego, la planta sería inconcebible si no fuera la instalación mimada del instituto nacional de saneamiento, que es uno de los más completos, perfectos y mejor dotados del mundo.

### **Potabilización del agua del mar y tratamientos avanzados de aguas residuales**

El problema de la potabilización del agua del mar, si ésta está limpia como se supone, se reduce a separar el agua

de las sales que lleva disueltas. En consecuencia se concibe que fundamentalmente varios métodos terciarios de residuales sirvan, en principio, para la desalinización. La realidad es que existen métodos avanzados que teórica y más o menos prácticamente, sirven para ambos casos; pero también existen otros que son peculiares de cada uno. En cualquier caso, todos los métodos, salvo los de potabilización de agua de mar se utilizan en serie, combinados con otros pretratamientos convencionales, de desbaste.

Los métodos son los siguientes:

1.º *Sólo para aguas residuales*

- Adsorción por carbón activo
- Filtración fina y microtamices (Microstrainers)
- Torres Ammonia Stripping
- Ozonización.

2.º *Comunes a aguas residuales y marinas*

- Osmosis inversa
- Electrodialisis
- Intercambio iónico.

3.º *Sólo para aguas marinas*

- Evaporación por expansión, Flash
- Evaporación en tubos verticales
- Destilación por compresión de vapor
- Congelación

*ANEXO sobre los procesos terciarios*

- Adsorción por carbón activo. Emplea la bien conocida propiedad

del carbón activo de absorber en su enorme superficie específica productos tan heterogéneos como: humus, tanino, plancton, sales metálicas, gases disueltos, metacarpanos, ácidos orgánicos, índoles, sustancias radioactivas y muchos otros productos.

Al reducirse su capacidad, el carbón activo puede regenerarse por varios procedimientos y en especial por volatilización térmica.

- El filtrado fino retiene por el tamaño de sus huecos y principalmente por adsorción. Su variedad es prácticamente indefinida y va desde los filtros granulares de arena con o sin soporte, a las telas, bujías, etc. Retienen pequeñas partículas, plancton y muy especialmente las algas. Su lavado se efectúa con agua en contracorriente.
- El microstrainer es una tela en general metálica formando tambor horizontal. El agua se introduce por el interior y las partículas quedan retenidas en el interior de la fina malla. Dejando una rebanada superior por encima del nivel de agua, aquella se limpia por medio de una lluvia a presión desde el exterior por encima.
- En las torres stripping, la corriente de agua cargada con amoníaco fluye de arriba hacia abajo a través de un material de relleno, mientras que en sentido contrario se inyecta una corriente de aire. Si el agua previamente se lleva a un pH alcalino adecuado y a una temperatura superior a 20º; si la circu-

lación de aire es proporcionalmente elevada, se produce una agitación de las gotas de agua que aumenta el contacto aire agua, el amoníaco disuelto pasa a la forma gaseosa ( $\text{NH}_3$ ) y se elimina directamente a la atmósfera.

- El ozono oxida la mayor parte del agua dando lugar a productos inocuos o beneficiosos.

Da una reducción de DBO, DQO, olor, color y turbiedad, destruye la materia orgánica, las bacterias y los virus. Se emplea en efluentes industriales en la eliminación del Fe, Mn, fenoles, cianuros, detergentes y es mitrificante a pH altos.

- Osmosis inversa. La presión osmótica permite que en un agua pura separada de una solución salina por una membrana semipermeable, el agua pasa hacia la solución salina diluyéndola. Si en las mismas condiciones se aplica una presión a la solución salina mayor que la osmótica el agua de la solución pasará al otro lado de la membrana aumentándose la concentración de las sales en su lado. Para obtener este resultado se precisan, por ejemplo, presiones de  $42 \text{ kg/cm}^2$  en aguas con concentraciones de 5.000 p.p.m., que son las que puede llevar un agua residual industrial, y presiones de  $105 \text{ Kg/cm}^2$  en concentraciones de 35.000 p.p.m. como las aguas del mar. Estas presiones no las resiste una membrana de acetato de celulosa. Para paliar este inconveniente se arrollan una o más capas

de membrana alrededor de un tubo perforado. El agua bruta se encuentra a presión en un tanque en el que se dispone una batería de tubos perforados recubiertos; el agua se va concentrando en el tanque en tanto que los tubos perforados actúan de colectores del agua depurada. Cada tanque constituye una unidad relativamente pequeña por el momento y para multiplicar el número de unidades. Para el buen funcionamiento y conservación de la membrana el pH ha de mantenerse entre 6, 5 y 7.

- Electrodiálisis. Contrariamente a la osmosis inversa, en la electrodiálisis el agua de soporte permanece quieta y son los iones de las materias las que se desplazan hacia los electrodos que tienen signo contrario. Un recipiente o célula se divide en tres partes separándolo por dos membranas de poliestireno tratado químicamente de modo que una sea permeable a los aniones y otra a los cationes. En el tercio lateral del lado de la membrana permeable a los aniones se introduce un electrodo negativo, al establecer la tensión eléctrica los iones migran hacia sus electrodos respectivos y atraviesan las membranas. El tercio central queda libre de iones, de modo que si en el fondo se pone un sumidero en cada tercio, por el central saldrá agua depurada y por los laterales el agua cargada de los iones de las sales. En la práctica se van alternando

en un solo tanque muchos electrodos que en cada par de membranas permselectivas constituyen entonces una sola célula del conjunto. El agua debe estar libre de materias en suspensión, orgánicas, Fe y Mn. El procedimiento no es rentable para aguas cargadas con menos de 400 p.p.m. Los sumideros son múltiples conectándose los correspondientes a espacios entre membranas por un lado y los que contienen electrodos por otro: los primeros dan el agua depurada y los otros a las aguas cargadas o a las salmueras.

En la práctica la explotación es muy compleja, porque entre otras cosas no se han logrado aún membranas que respondan a todos los requerimientos que se precisan.

- El intercambio iónico que se produce al hacer circular un agua con sales disueltas a través de un filtro de resinas sintéticas intercambiadoras selectivamente de aniones o de cationes. Cuando se trata de subsanar un defecto simple del agua, como son la dureza o el cloruro sódico, el procedimiento es sencillo porque el intercambio y la regeneración se hacen con sendos pasos únicos. Pero cuando se trata de una desmineralización total (cosa que se puede alcanzar, porque el proceso de intercambio de iones puede ser tan efectivo como una destilación), entonces la desionización se hace en dos pasos: El primer paso se hace a través de un intercambiador de ca-

tiones que los transforman en una cantidad de iones de  $H^+$  dando un efluente que es una solución de ácidos y de aniones. Este efluente pasa a un intercambiador de aniones donde éstos se intercambian por iones hidróxidos que neutralizan una cantidad equivalente de  $H^+$ .

Las resinas de ambas cargas pueden agruparse en una sola columna intercambiadora.

Los compuestos no electrolíticos no se reducen nada más que en la medida en que puedan ser adsorbidos por la resina.

Los sistemas de potabilización de agua marina que permiten producciones que se pueden llamar a escala industrial son la evaporación y la congelación por métodos avanzados.

- La evaporación súbita por expansión (flash) en etapas múltiples, se funda en la disminución del punto de ebullición del agua al reducirse la presión. Simplificando el proceso, en una unidad de desalinización el agua salina se calienta y se introduce en sucesivas cámaras con aire enrarecido en las que la presión es inferior a la de saturación del vapor a la temperatura de la cámara. En cada una se evapora instantáneamente una parte del agua circulante. El vapor producido se condensa en las paredes exteriores de un haz de tubos dispuestos en la parte alta de la cá-

mara; por los que circule agua de mar sólo para refrigeración. El vapor condensado gotea y se recoge en bandejas situadas debajo de los tubos por las que se escurre y retira de las cámaras. El agua salada que va pasando por las sucesivas cámaras se mantiene caliente con unas serpentinas en el fondo.

El método tiene muchas variantes, entre ellas, la evaporación en tubos verticales.

- Destilación por compresión de vapor. En unas cámaras en serie, como las anteriores y con aire enrarecido, el agua salada calentada del fondo entra en ebullición y el vapor producido sube y se recoge en la parte alta, se saca de la cámara, se comprime con lo que se calienta a unos 95° y luego se condensa en otra cámara en la que hay también un serpentín por el que entra el agua de mar; esta cámara actúa como intercambiador de calor tomando el del vapor para cederlo al agua de entrada.
- Método de congelación. Este método con los de destilación son los

que mejores perspectivas económicas presenta. Sin entrar en el detalle puede decirse que la separación del agua y la sal nueva se obtiene por medio de la cristalización por evaporación y refrigeración del vapor del agua. El agua salina se enfría y se lanza con un rociador desde lo alto de una cámara de vacío. Parte del agua se evapora instantáneamente. La evaporación absorbe calor de la masa líquida que ya casi está a punto de congelación y se forman en el fondo cristales de hielo mezclados con sal nueva. Extraído el vapor, se comprime y se inyecta por arriba en la campana de tapa de una torre de fusión y lavado; con su calor fundirá los cristales de hielo. Del fondo de la cámara pasa la sal nueva al fondo de la torre de donde se extrae. El agua desalinizada se saca por vertedero entre las paredes de la torre y la campana de cubierta; de ella se saca una parte para lanzarla hacia abajo desde la campana para limpiar los cristales de hielo.

#### B. OLIVER SUÑE

De todo cuanto se ha expuesto hasta aquí, y para iniciar el Coloquio, creo que pueden deducirse, entre otras, las siguientes consideraciones:

En primer lugar tener en cuenta que para el abastecimiento de agua po-

table a Barcelona y su comarca, la problemática de la salinidad y de la contaminación microbiológica no constituye actualmente motivo de preocupación para la salud pública.

La polución química de las aguas

superficiales es constante. En las aguas subálveas, por ahora se manifiesta de modo accidental y local, algunas veces apreciable ya organolépticamente (color, olor, sabor), otras solamente descubrible mediante control analítico.

Si esta polución química, a pesar de la labor de vigilancia que realiza la Administración y las propias entidades abastecedoras, siguiese incrementándose, bien podría ocurrir en el futuro que la anomalía se extendiese en amplias zonas de aguas subálveas y provocase la impregnación de las capas filtrantes, fenómeno difícilmente subsanable.

Finalmente, si como se ha dicho ya, para algunos casos concretos el único remedio eficaz para evitar que la polución química se transmitiese al agua de la red de distribución, es interceptar totalmente el origen del agua afectada, puesto que no hay posibilidad de aplicar métodos correctivos viables, es fácil comprender que en dichas circunstancias pueden producirse dificultades técnicas para compensar el défi-

cit de caudal aprovechable, dando lugar a las correspondientes deficiencias del servicio.

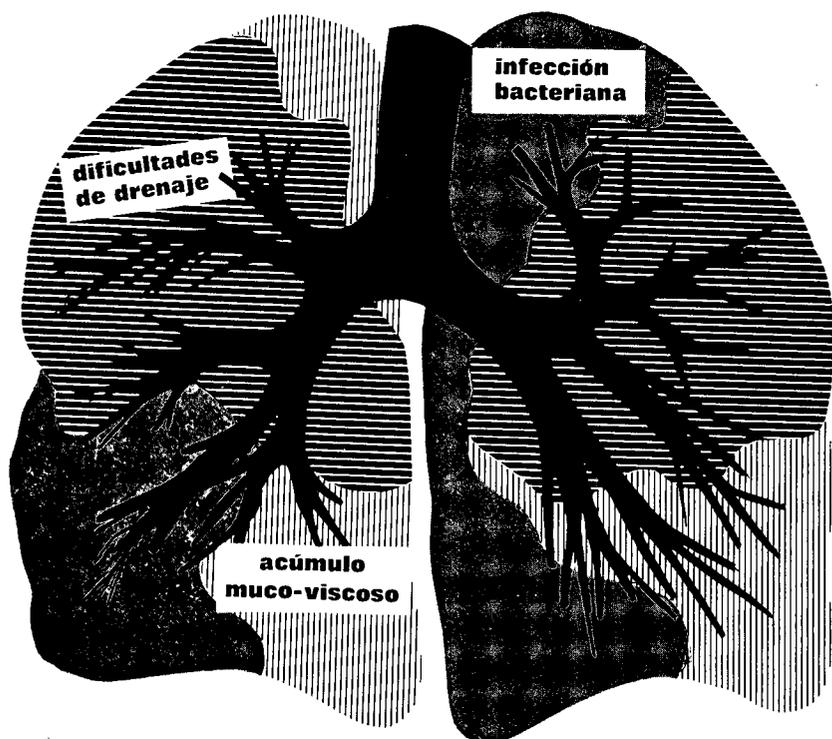
Considerando el problema en su conjunto, creo que esta Real Academia podría formular las conclusiones siguientes:

- 1.<sup>a</sup> La R.A.M. cree imprescindible urgir y prestar el máximo apoyo a la Administración en la lucha entablada contra la polución de las aguas.
- 2.<sup>a</sup> Desde el punto de vista sanitario, apoyar y estimular, por una parte, la regulación integral del río Llobregat y por otra, el aprovechamiento del sobrante de aguas del río Ebro.

Ambas posibilidades, indirecta pero eficazmente, redundarían en beneficio de la calidad del agua, puesto que las consecuencias de la polución están siempre en razón inversa del caudal circulante.

# 3 GRANDES PROBLEMAS

EN PATOLOGIA INFECTIVA RESPIRATORIA



RESUELTOS CON

# Miliken Mucolítico

Ampicilina + Cloxacilina  
Bromhexina + Eter Guayacolglicérico

inyectable fuerte  
inyectable  
comprimidos  
suspensión

