

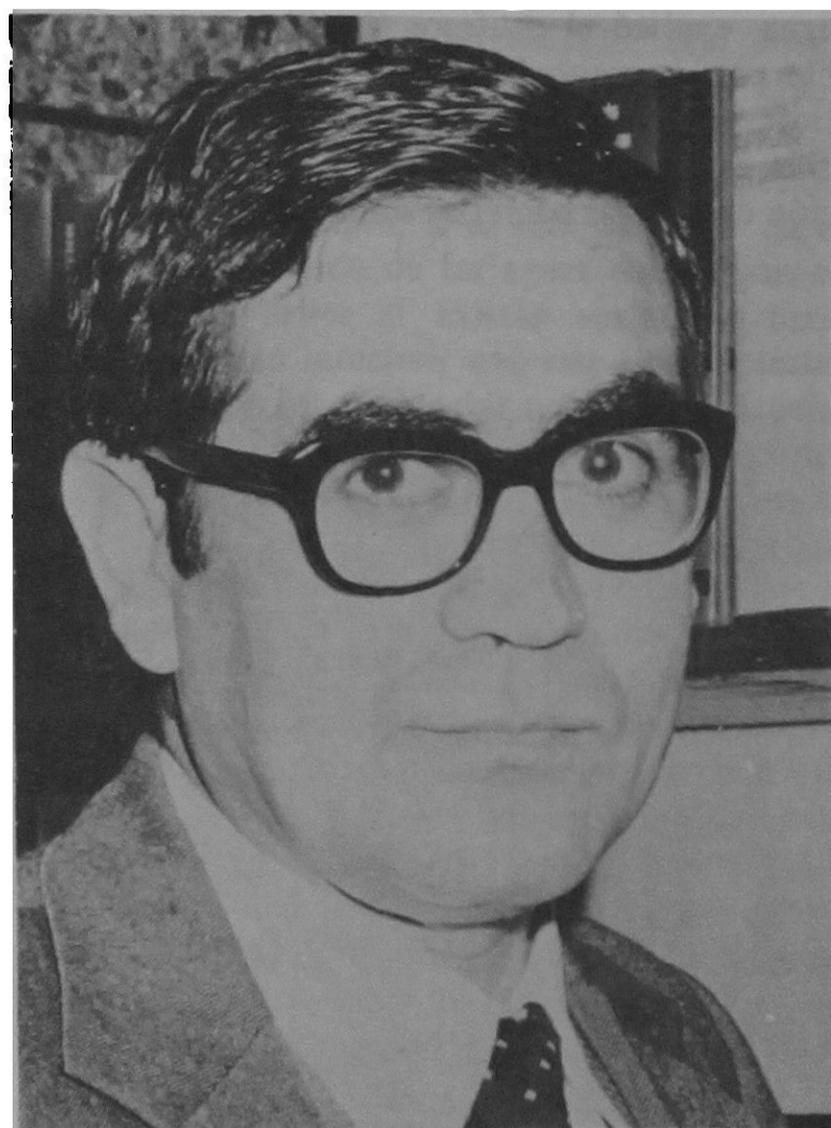
Contaminación de las aguas: Peligro para la Comunidad

Sección de Ingeniería Sanitaria y
Ambiental realiza importantes estudios.

CONTAMINACION DE LAS AGUAS. . .

El mayor peligro de la contaminación de las aguas, radica en los efectos de ésta sobre la salud humana. Los efectos nocivos sobre la salud pueden ser provocados tanto por sustancias tóxicas como por microorganismos patógenos, incluidos bacterias y parásitos, afirmó Jorge Castillo, ingeniero jefe de la Sección Ingeniería Sanitaria y Ambiental del Departamento de Ingeniería Civil de nuestra Facultad.

Al continuar con este punto, el profesor Castillo indicó que el riesgo de contraer enfermedades no sólo está asociado al consumo directo de aguas contaminadas sino que a muchos mecanismos indirectos que permiten el contacto entre el organismo y los agentes patógenos. De ellos, los principales son los relacionados con el riego con aguas contaminadas. Tal es el caso del riego de hortalizas con aguas del Zanjón de la Aguada y del río Mapocho en la zona de Maipú, hecho al que se atribuye en parte la causa de la elevada morbilidad de enfermedades gastrointestinales en Santiago. Otro mecanismo importante es la acumulación de contaminantes en peces o moluscos que, al ser ingeridos, pueden provocar trastornos de la salud.



Profesor Jorge Castillo, Jefe de la Sección Sanitaria y Ambiental del Depto. de Ingeniería Civil.

NOTICIAS

Al ser consultado si es posible aplicar un control a la contaminación del agua, respondió que, en efecto, se puede realizar de varias formas. La más conocida de ellas es el tratamiento de las aguas servidas o residuos industriales, consistente en una combinación de variados procesos. El tratamiento de aguas es bastante costoso y sólo es factible cuando los contaminantes están suficientemente concentrados, como en una descarga de alcantarillado o de residuos industriales líquidos, puntualizó Jorge Castillo. Aclaró que no es económicamente factible en la actualidad tratar directamente los ríos o esteros.

Al referirse a los problemas que existen para tratar las aguas servidas, el profesor Castillo manifestó que la falta de un sistema universal, capaz de remover todos los contaminantes o solucionar todas las dificultades de contaminación, es la dificultad principal.

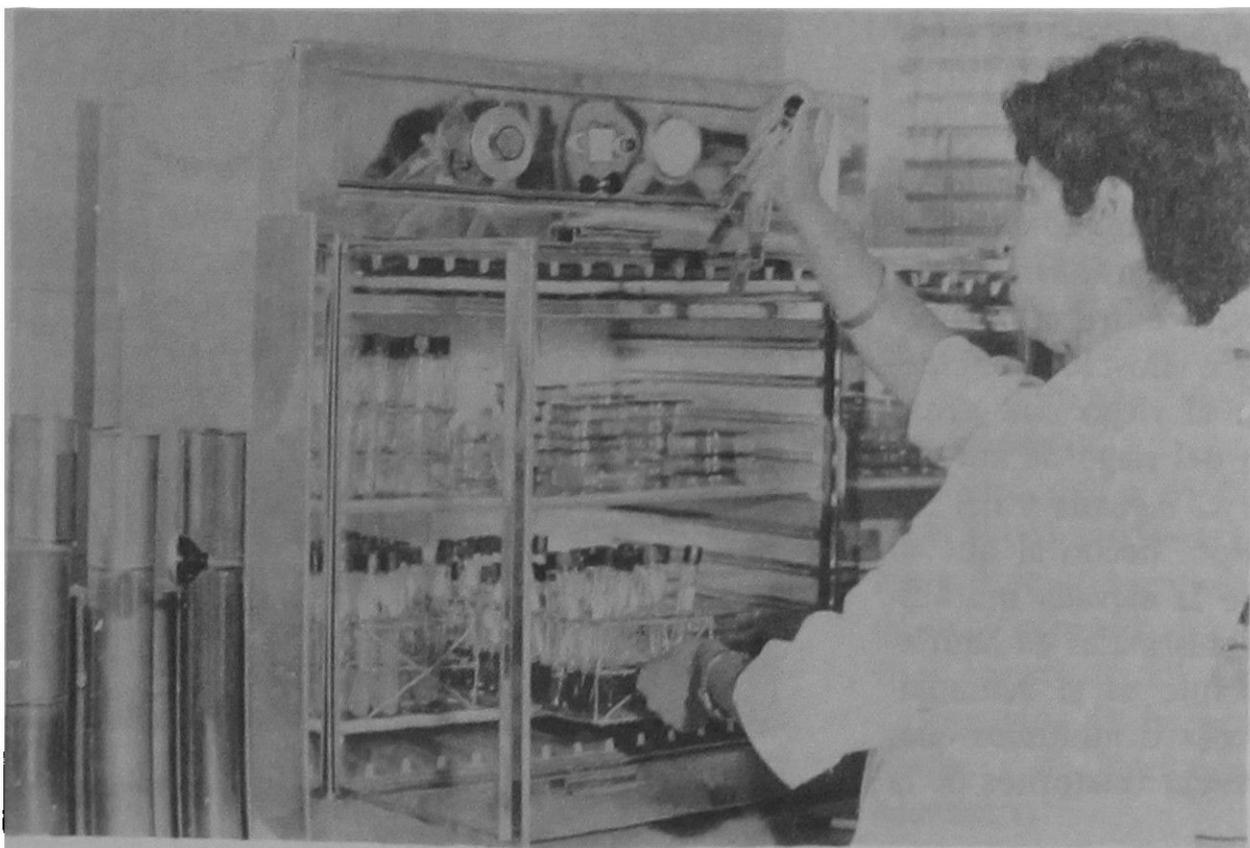
La mayoría de los procesos convencionales de tratamiento están orientados a la remoción de la materia orgánica del agua, cuya presencia puede producir una disminución, e incluso la eliminación, del oxígeno disuelto. El oxígeno disuelto en el agua, explicó el profesor Castillo, es imprescindible para la mayoría de las especies animales acuáticas y su ausencia, además, se traduce en problemas estéticos, producción de olores y proliferación de algunas bacterias sumamente patógenas.

TRATAMIENTO CONVENCIONAL

Si bien el tratamiento convencional elimina en alguna medida algunos microorganismos patógenos, se debe tener especial consideración al hecho de que esta eliminación es fortuita, no estando el proceso diseñado para ese propósito. Este hecho —añadió— adquiere mayor relevancia en el caso de Santiago, donde mucho se ha hablado de la necesidad de tratar sus aguas servidas para evitar los problemas del riego con aguas servidas.

El tratamiento convencional de las aguas servidas de Santiago eliminaría el rico contenido de nutrientes de éstas, muy benéfico para la producción agrícola, y no ofrecería ninguna garantía en relación a la calidad microbiológica del efluente según afirmó el ingeniero Jorge Castillo. Una gran parte de la remoción de microorganismos en las plantas de tratamiento de aguas servidas se consigue mediante una fuerte cloración del efluente, previa a su devolución a los cauces naturales. Esta práctica ofrecería un riesgo bastante serio, puesto que investigaciones relativamente recientes realizadas en otros países, dijo, han indicado que los compuestos orgánicos clorados que se formarían en este proceso tendrían un efecto cancerígeno.

Otras alternativas de control de la contaminación del agua están más bien relacionadas con el problema general de la planificación de los recur-



Laboratorio de Microbiología de Aguas. Observación de resultados de calidad bacteriológica.

tos hidráulicos. Entre éstas, se pueden mencionar la dilución, el alejamiento y el aprovechamiento de la capacidad de autopurificación de los cuerpos de agua.

¿CUAL ES LA SITUACION EN CHILE?

Con respecto a la situación chilena, dice, el factor común es la falta de estudios que permitan evaluar la verdadera magnitud y alcance de los problemas de contaminación. Se sabe que las aguas del río Mapocho y del Cachapoal continen cobre proveniente de los yacimientos ubicados en la cordillera, pero no se sabe a ciencia cierta cual es su efecto en los usos del agua, indicó.

Otro problema importante de contaminación se relaciona con la descarga de aguas servidas y residuos industriales en las zonas costeras, donde producen problemas de acumulación biológica y además deterioran las playas, tanto desde el punto de vista estético como sanitario.

El ingeniero civil Jorge Castillo manifestó que, en el Norte del país, existen problemas de contaminación natural, es decir, la calidad del agua no es buena aun cuando esta condición no corresponde a un deterioro causado por el hombre. Las aguas del río Toconce, por ejemplo, que abastece a la ciudad de Antofagasta, se caracterizan por un alto contenido de arsénico; lo cual obligó a construir la planta de tratamiento del Salar del Carmen. Otro ejemplo similar lo constituye el río Loa, cuyo alto contenido salino, sólo posibilita un limitado desarrollo agrícola de especies aclimatadas y con baja productividad.

En el Sur, prosiguió señalando Jorge Castillo, debido a la abundancia de agua, lo que favorece el fenómeno de la dilución, existen pocos problemas de contaminación. El río Bío-Bío es, aparentemente, el que presentaría mayores problemas al recibir descargas de aguas servidas y residuos industriales antes de la principal captación para agua potable. También existirían problemas de contaminación en la zona costera de la VIII Región, debido a la actividad industrial y portuaria, afirmó Jorge Castillo.

Para el académico del Departamento de Ingeniería Civil, uno de los aspectos que requiere mayor atención en Chile es el legal e institucional. Aunque existen numerosas leyes que hacen referencia al problema de la contaminación del agua, no se cuenta con un organismo capaz de

fiscalizar su cumplimiento o coordinar acciones de control. Por otra parte, las leyes son demasiado anticuadas e impracticables y además, separan los problemas de contaminación del resto de los aspectos de la planificación de recursos hidráulicos. Por ejemplo, indicó el profesor Castillo, el nuevo Código de Aguas sólo establece que será de competencia de la Dirección General de Aguas la proposición y coordinación de medidas para conservar y proteger las aguas.

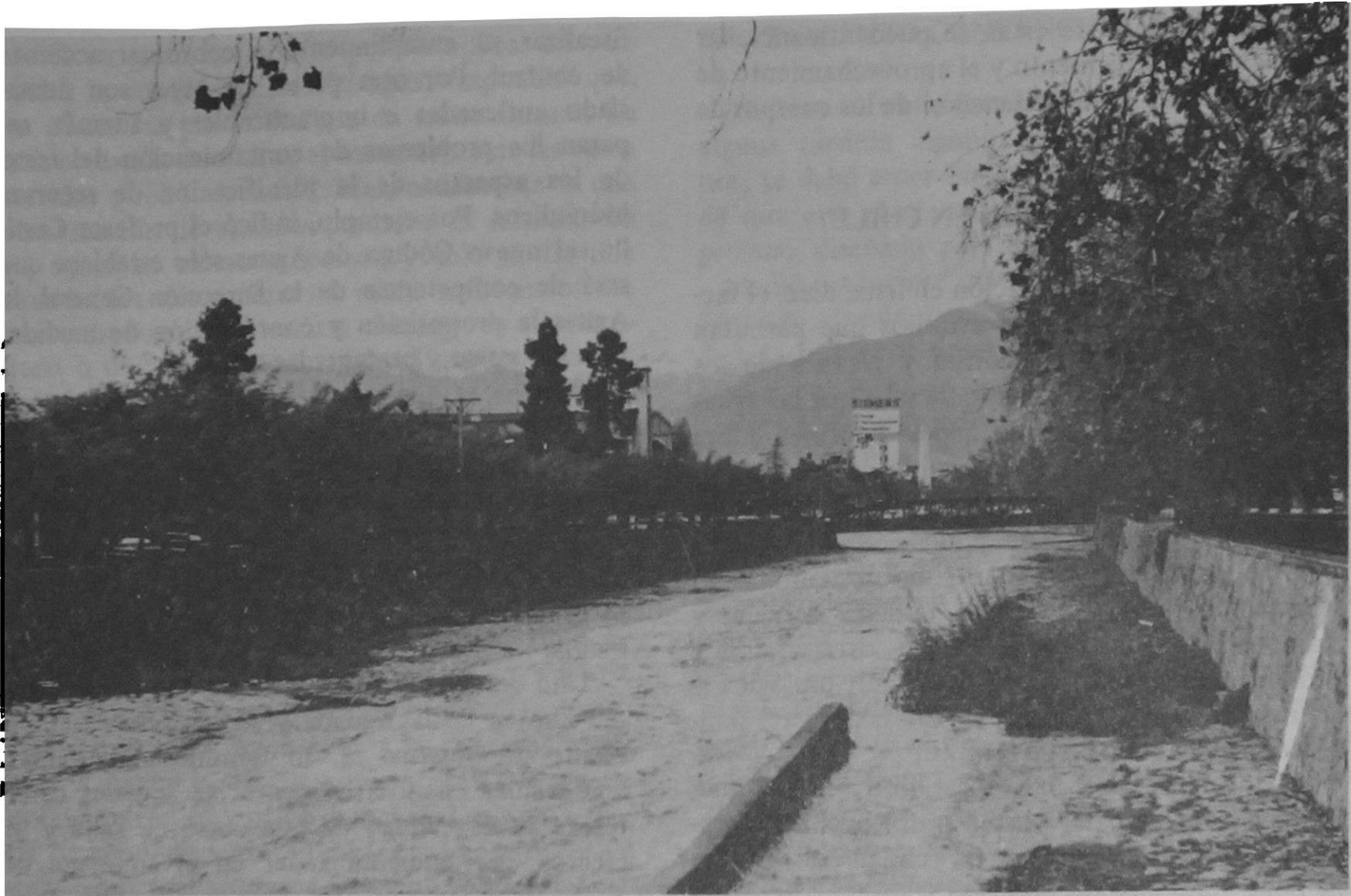
INVESTIGACION ACTUAL

En la Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas, a través de la Sección Ingeniería Sanitaria, se están realizando diversos estudios sobre el problema.

Uno de ellos trata sobre la calidad de las aguas del Zanjón de la Aguada y su impacto en el ambiente. El objetivo es, en términos muy generales, evaluar cuantitativamente las actuales características de calidad de este curso de agua y los efectos que pudieran tener en el ambiente del Area Metropolitana. Es importante, dijo Jorge Castillo, conocer cual es el origen de las aguas servidas y residuos industriales que contaminan el Zanjón, así como identificar cualquiera acción correctiva. Por ejemplo, si se está pensando en el tratamiento biológico de las aguas del Zanjón es imprescindible saber si existen sustancias tóxicas que pudieran interferir con este tipo de tratamiento. Uno de los problemas más críticos asociados con el Zanjón de la Aguada es, dijo el profesor Castillo, el aprovechamiento de sus aguas para riego de hortalizas de consumo crudo. Algunas estimaciones indican que sólo se estarían aprovechando alrededor de 200 hectáreas para este fin, lo cual podría posibilitar el empleo de lagunas de estabilización como sistema de tratamiento. Las lagunas de estabilización se caracterizan —explicó— por tener un reducido costo, una alta eficiencia bacteriológica y no remover los nutrientes esenciales que pueden contener las aguas servidas. El principal problema del empleo de este proceso radica en que se requiere una gran superficie, lo que lo hace impracticable para tratar grandes caudales.

Uno de los aspectos interesantes de la investigación que se lleva a cabo en la sección Ingeniería Sanitaria, es la construcción de una pequeña

NOTICIAS



Vista panorámica Río Mapocho.

laguna piloto, que permite hacer un estudio comparativo de la calidad sanitaria de las hortalizas, regadas con aguas sujetas a distintos grados de tratamiento. En este aspecto de la investigación se contó con la importante colaboración de la Facultad de Agronomía, que dio facilidades para trabajar en el Centro Experimental de La Rinconada de Maipú.

También se está iniciando una investigación de caracterización físico-química y microbiológica de los líquidos percolados en rellenos sanitarios. El agua que escurre a través de un depósito de basuras va incorporando una gran cantidad de sustancias y microorganismos que tienen un fuerte poder contaminante, pudiendo convertirse en focos de contaminación de las aguas subterráneas. En nuestro país se ha generalizado la práctica de disposición de residuos sólidos mediante la técnica del relleno sanitario, indicó el profesor Castillo. Por otra parte, existen numerosos sistemas de abastecimiento, incluso en el Área Metropolitana, basados en la explotación del agua subterránea.

Por este motivo, aparece como muy urgente el desarrollo de la capacidad de evaluación del impacto ambiental que pudieran causar los rellenos sanitarios.

Otra de las líneas de investigación, de mucha trascendencia en el control de la contaminación del agua, se relaciona con el desarrollo y aplicación de modelos matemáticos. Estos modelos permiten simular, a través de relaciones matemáticas, el comportamiento de los cuerpos de agua frente a la entrada de contaminantes, constituyendo así una herramienta predictiva de enorme utilidad. Los modelos matemáticos permiten, por ejemplo, predecir las condiciones de contaminación que se producirán en el futuro, permiten evaluar los efectos que tendrán diferentes esquemas de manejo de los recursos hidráulicos en la calidad del agua, permiten seleccionar las alternativas óptimas de control, etc.

“Ultimamente hemos desarrollado un modelo de simulación de la calidad de las aguas del sistema Maipo-Mapocho, que ha representado bas-

tante bien el comportamiento observado y ha permitido evaluar en forma preliminar los efectos del incremento del uso del agua y del tratamiento de las aguas servidas en el Area Metropolitana", indicó el profesor Castillo. En términos generales, prosiguió, se puede decir que los modelos matemáticos de calidad del agua permiten incluir en forma explícita el fenómeno de la contaminación dentro de la planificación de los recursos hidráulicos.

Existen numerosas otras investigaciones que están siendo realizadas en la actualidad y que, en forma no tan directa, se relacionan con el problema de la contaminación del agua y su control.

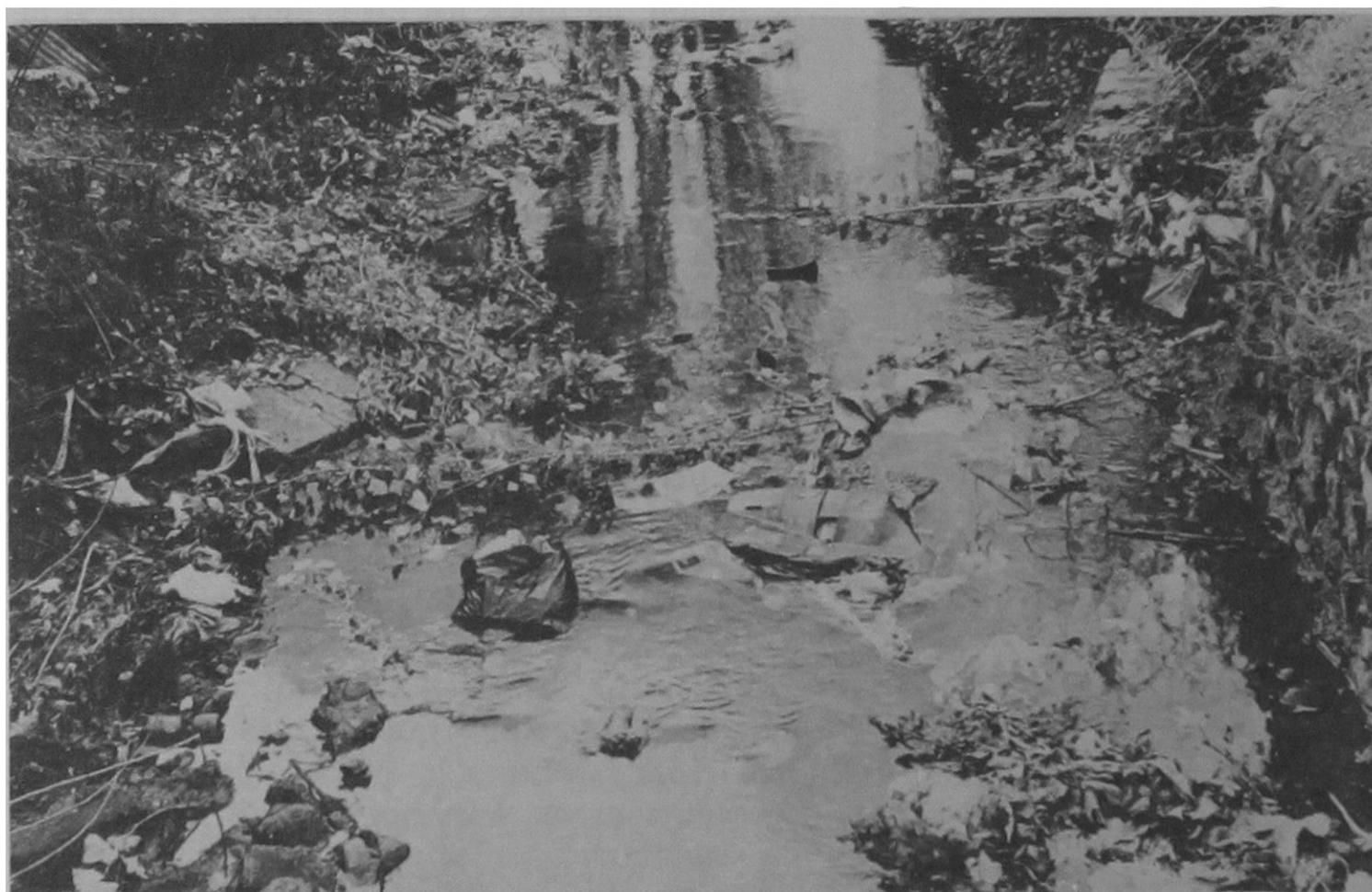
El jefe de la sección Ingeniería Sanitaria y Ambiental mencionó, entre ellas, los estudios sobre funcionamiento de lagunas de estabilización bajo diferentes esquemas de operación; el análisis y control de residuos industriales líquidos; el estudio de procesos de tratamiento de agua para el consumo; el estudio de procesos de desarrollo de resistencia y supervivencia de microorganismos y la aplicación de técnicas de bioensayos para la detección y cuantificación de contaminantes tóxicos.

AGUAS CONTAMINADAS Y SUS CONSECUENCIAS

El profesor Jorge Castillo manifestó que, además del peligro de la contaminación del agua, existen numerosas otras razones que no siempre se tienen en cuenta para analizar el problema.

En primer lugar, dice, se debe considerar que la cantidad disponible del recurso agua permanece prácticamente constante o aumenta en forma sumamente lenta y costosa. La demanda de agua, en cambio, como resultado del desarrollo, aumenta a un ritmo mucho más acelerado, lo que obliga a reutilizarla un número de veces cada vez mayor. Prácticamente en todos los usos del agua se produce un deterioro de la calidad, de modo que los problemas de contaminación deberían aumentar a la par con el desarrollo.

Por otra parte, la tendencia natural al aumento de la contaminación se complementa con otra característica del problema, también de extraordinaria relevancia, que es el hecho que los efectos dañinos de la contaminación no recaen sobre el agente que la causa. Es decir, no existe un incentivo natural para reducir la contaminación, más allá de la propia racionalidad del hombre.



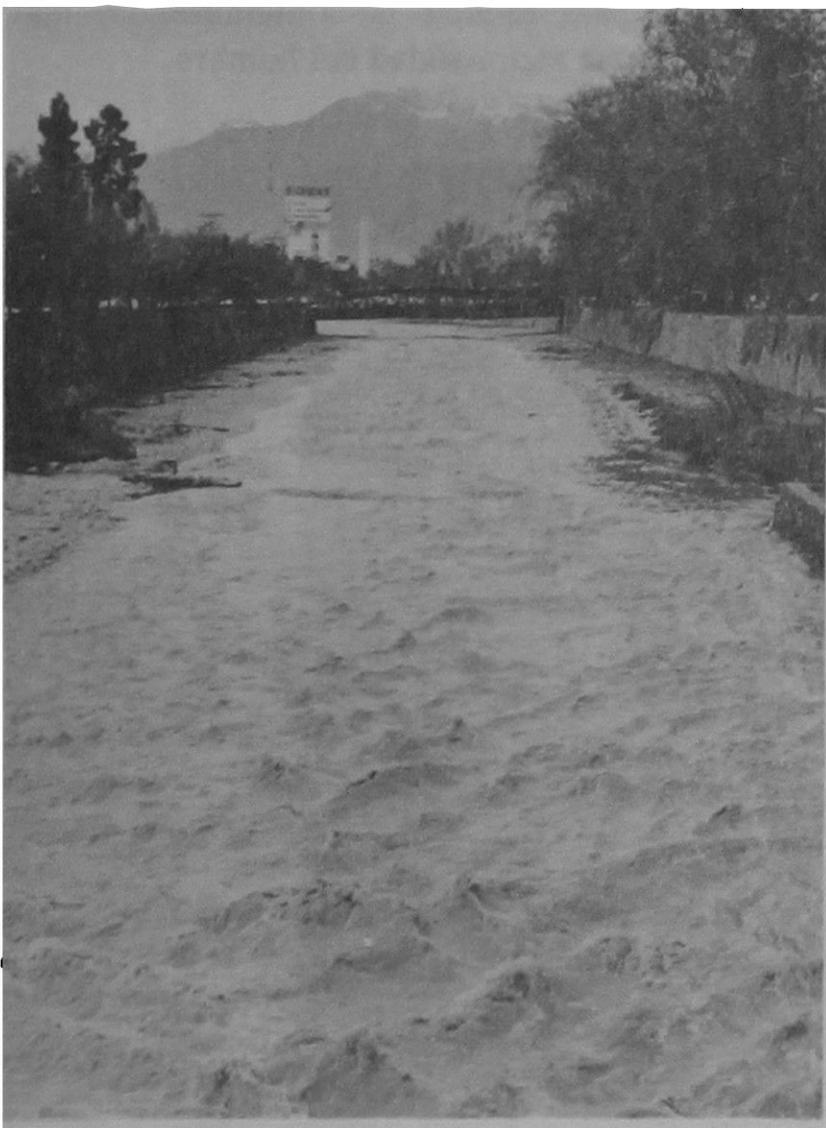
Zanjón de la Aguada, sector de mayor contaminación de las aguas.

NOTICIAS

FENOMENOS DE LA CONTAMINACION

Los países más desarrollados han sufrido adelantadamente las consecuencias de la contaminación y, por ello, se debe aprovechar la experiencia por la que esas naciones han debido pasar, para evitar incurrir en los mismos errores. Existen numerosos fenómenos de contaminación que son prácticamente irreversibles, en el sentido que el costo que involucra remediar el problema es inmensamente superior al costo de las medidas que hubieran evitado su ocurrencia.

Al referirse a estos fenómenos el profesor Jorge Castillo se refirió a la eutrofización acelerada de lagos y embalses, consistente en un aumento vertiginoso del proceso natural de envejecimiento de estos cuerpos de agua, causado por la incorporación de micronutrientes limitantes tales como el fósforo y el nitrógeno. Como consecuencia del proceso de producción fotosintética,—dijo— se produce una acumulación natural de sedimentos orgánicos en todos los grandes volúmenes de agua.



Río Mapocho a la altura de Plaza Italia.

Normalmente, el resultado final de este proceso es el desaparecimiento del lago por pérdida de su capacidad de almacenamiento, al cabo de algunos millones de años. Cuando en un lago o embalse se introducen nutrientes en forma artificial en cantidades muy superiores a las que llegarían en forma natural, lo que ocurre por ejemplo cuando se descargan aguas servidas, se produce,—explicó— una eutrofización cultural o acelerada que puede tener consecuencias desastrosas para la calidad y el equilibrio ecológico del cuerpo del agua.

Otro tipo de fenómeno que tiene implicancias mayores que lo predecible se relaciona con la acumulatividad de los compuestos orgánicos complejos, tales como los pesticidas, en las células vivas, especialmente en los tejidos grasos. Conocido es el caso del lago Clear, en la parte norte de California, donde se intentó eliminar a una especie de mosquitos que, aunque no eran hematófagos, se consideraban antiestéticos, recordó Jorge Castillo. Se hicieron tres aplicaciones con DDD (Dicloro Difenil Dicloroetano) en un período de 8 años y se estimó que la concentración máxima en el agua sería de 14 microgramos por litro. Posteriores exámenes en los peces revelaron que la concentración de DDD variaba entre 40 y 2.500 partes de millón, en todos los casos muy superior al nivel de tolerancia establecida para el consumo humano por la Food and Drug Administration. En términos generales, los peces pequeños retuvieron menos DDD que los grandes y los alimentados por placton, menos que los carnívoros. El disturbio general que se registró en todos los niveles tróficos del lago produjo condiciones de calidad mucho peores que las iniciales y los mosquitos permanecieron, comentó el profesor Castillo.

Otra razón por la cual es importante preocuparse del problema de la contaminación se relaciona con el aumento de costos o la disminución de beneficios que se producen cuando se utilizan aguas contaminadas. Por ejemplo, la productividad agrícola es altamente dependiente de la calidad del agua, existiendo cultivos extraordinariamente sensibles que requieren aguas de una pureza a veces superior a la que se especifica para el agua de consumo humano. Es decir, aun cuando las concentraciones de contaminantes en el agua no representen un peligro potencial para la salud humana por efecto de la fitoacumulación, pueden ser suficientes para producir una reducción signi-

CONTAMINACION

ficativa de la productividad de la tierra. Otros fenómenos similares son el deterioro paulatino del suelo por el uso de aguas salinas y la reducción de la productividad en animales cuya agua de bebida es deficiente.

Por otra parte, es evidente que las aguas que son fuente de abastecimiento para el consumo humano o para usos industriales requerirán grados de tratamiento, con costos diferentes, dependiendo de su calidad.

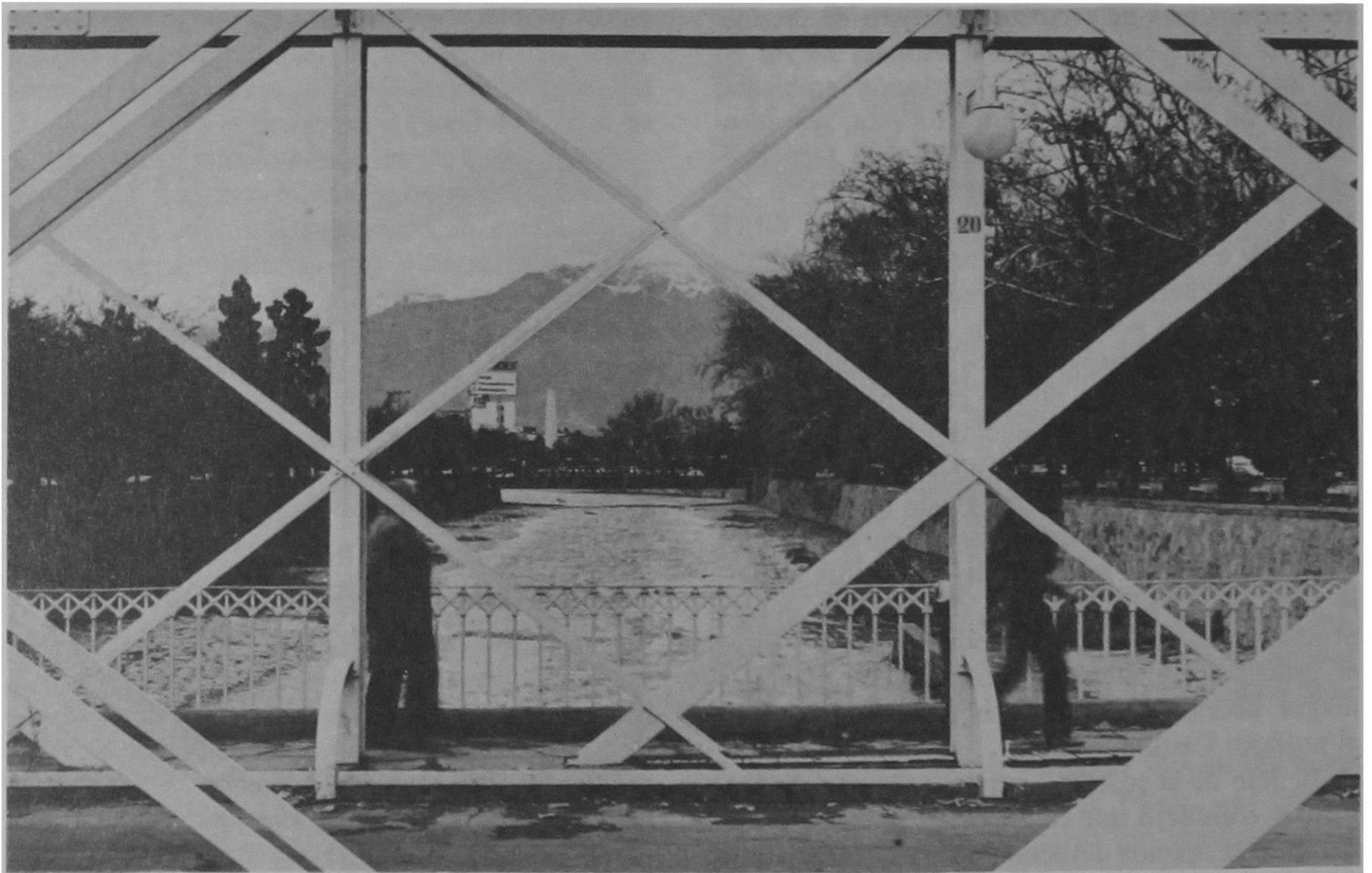
VALOR ESTETICO Y RECREACIONAL DEL AGUA

Uno de los motivos de la falta de interés que a veces se advierte con respecto al valor estético del agua es la dificultad de poder expresar cuantitativamente los beneficios y costos asociados a este uso. Es natural, dijo el profesor Castillo, que se le asigne una primordial importancia a las necesidades básicas de las personas, pero, se debe tener en cuenta que los grupos familiares, gastan, en promedio, una parte importante de sus ingresos

en actividades o bienes relacionados con la recreación en alguna de sus formas. El hecho que la belleza natural que representa un paisaje agradable o un río o embalse no contaminados sea normalmente gratuito, no implica que no representen un importante beneficio para la sociedad. Incluso, específicó, muchas personas declaran que estarían dispuestas a pagar por seguir disfrutando de éste o por evitar el desagrado que producen algunos problemas ambientales ya existentes.

EFFECTO ECONOMICO Y SOCIAL DE LA CONTAMINACION DEL AGUA

Aparte de los efectos económicos mencionados, que se relacionan con el aumento de costos y reducción de beneficios causados por el uso del agua de baja calidad, existen implicancias de orden más general. Cualquier legislación que regule un sistema efectivo de control de la contaminación llevará asociado un aumento de costos en todos los procesos productivos y en muchos de los servicios, originado por la necesidad de tomar medidas para cum-



Puente Purísima sobre río Mapocho.

NOTICIAS

plir con las normas o estándares de calidad que se exijan, afirmó Jorge Castillo. Además, necesariamente se producirá un aumento del gasto público por razones similares o, por lo menos, porque, será necesario crear organismos y sistemas de administración y control que posibiliten el cumplimiento de la legislación y permitan distribuir adecuadamente los costos. Aun en los esquemas económicos más liberales será necesario "internalizar las externalidades", es decir —añadió— crear y administrar mecanismos, tales como impuestos o gravámenes, que incentiven a los individuos, naturales o jurídicos, a disminuir la contaminación que producen aun cuando sus efectos no les perjudiquen directamente.

NIVEL INTERNACIONAL DE LA LA CONTAMINACION

El profesor Jorge Castillo al referirse a la situación internacional, señaló que se produce un problema cuando los países asignan diferentes niveles de importancia a la contaminación, lo que se traduce en diferentes grados de control y diferentes asignaciones de recursos. El costo de producción de un determinado bien resultará mayor en un país con una estricta legislación ambiental que en un país que no cuente con ésta, suponiendo que no existen grandes diferencias tecnológicas. Como resultado, al sector productivo del país con mayor control ambiental le será difícil competir en el mercado internacional y, en términos muy generales, deberá reducir sus márgenes de utilidad para poder subsistir. En la práctica esto se traduce en un traspaso de los problemas ambientales desde un país a otro, a cambio de un costo representado por la disminución de utilidades. Por otra parte, la aplicación de medidas estrictas de control de la contaminación puede tener un efecto inflacionario, tal como ocurrió en los Estados Unidos durante el gobierno del Presidente Carter, lo cual, unido a la situación desventajosa que se produce para los sectores productivos, constituye el principal argumento de los que propician una mayor liberalidad en materia ambiental, explicó el profesor Castillo.

El Jefe de la sección Ingeniería Sanitaria y Ambiental consideró que es importante, tomar en consideración la opinión del economista Paul Samuelson, profesor del Instituto Tecnológico de Massachusetts, y ganador del Premio Nobel de Economía

en 1970. Samuelson reconoce que el control tiene un efecto inflacionario y reductor de la producción, pero, señala que el conflicto se origina por una descuidada formulación de objetivos para la sociedad, "Nuestro objetivo - dice— no es producir muchas toneladas de acero, sino aumentar el bienestar de la comunidad. Las leyes de protección del ambiente disminuyen la utilidad de las compañías productoras de acero y reflejan de esta manera que la sociedad prefiere el beneficio marginal de un mejor ambiente antes que la producción de una tonelada adicional de acero. La decisión puede ser diferente en un país con otro grado de desarrollo, en que los beneficios marginales de los productos, por ser escasos, pueden ser superiores.

En contraposición a la forma economicista de abordar el problema, indica el profesor Castillo, existen grupos y personas que postulan que el control de los problemas de contaminación se justifica *per se* y no es una materia que requiera justificación en términos económicos. Para sustentar esta posición se suele mencionar el hecho que existen muchos costos y beneficios imposibles de evaluar o, al menos, cuya evaluación es sumamente difícil. El problema se presenta cuando la cantidad de acciones o proyectos se justifican *per se* excede a los recursos disponibles, situación que se presenta en casi la totalidad de los casos.

Jorge Castillo cree que cualquier acción que se emprenda con el propósito de controlar o remediar un problema de contaminación debe someterse a un riguroso estudio, que involucre tanto el aspecto tecnológico como el económico, a pesar de las limitaciones que este último significa. El costo de estos estudios es, por lo general, insignificante frente a los costos de la puesta en práctica y los resultados que de ellos se originen constituyen, una herramienta de decisión mucho más poderosa que la simple intuición.

INGENIERIA SANITARIA EN LA UNIVERSIDAD DE CHILE

La especialidad de Ingeniería Sanitaria se estableció en forma independiente de la especialidad Hidráulica en 1965 y también, la Sección Ingeniería Sanitaria como grupo de trabajo dentro del entonces denominado Departamento de Obras Civiles hoy, Departamento de Ingeniería Civil. El objetivo de esta Sección fue, y continúa siendo, estar a cargo de la enseñanza y la investigación en Ingeniería Sanitaria en la Universidad de Chile.

Ese mismo año la Organización Panamericana de la Salud y el Gobierno de Chile, representado por el Ministerio de Salud Pública y la Universidad de Chile, a través de nuestra Facultad y la de Medicina Norte, suscribieron el "Acuerdo para el Perfeccionamiento de la Enseñanza y la Investigación en Ingeniería Sanitaria en Chile, conocido como Convenio Chile 6.400".

Los objetivos principales de este acuerdo eran el fortalecimiento de las actividades de docencia e investigación a través de la implementación de laboratorios, revisión permanente de los planes de estudios y realización de cursos de post grado y capacitación.

Se debe destacar la gran importancia que ha tenido el Proyecto Chile-6400 en el desarrollo de la Ingeniería Sanitaria en la Universidad de Chile que, desde luego ha trascendido hacia el medio, a través de la labor de investigación y la docencia. Se han equipado los laboratorios de calidad físico-química y microbiológica de aguas, lo cual ha posibilitado que éstos ocupen una posición de liderazgo a nivel nacional. Se han adquirido numerosos

equipos de impresión y audiovisuales que constituyen un excelente apoyo a las labores universitarias.

En relación a la formación de ingenieros, desde 1965 han egresado aproximadamente 160 alumnos de la especialidad sanitaria, que corresponde a un promedio superior a 9 egresados por año, y un número del orden de 100 ingenieros civiles de otras especialidades que egresan anualmente, han tomado por lo menos un par de cursos de la disciplina.

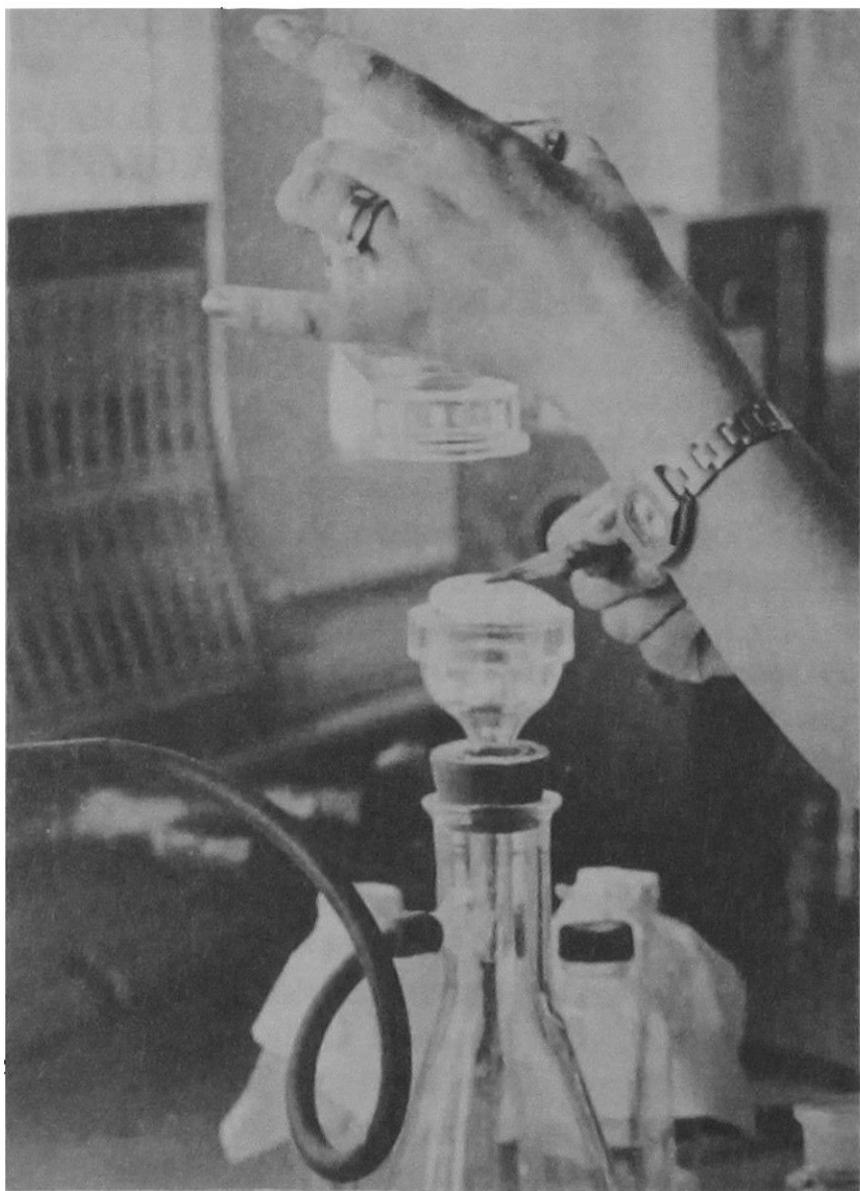
LA INVESTIGACION

La investigación en Ingeniería Sanitaria es esencialmente de carácter tecnológico. Ella involucra el desarrollo y aplicación de tecnologías a la resolución de los problemas ambientales causados por el hombre. Las tecnologías que se desarrollan o aplican están basadas en el conocimiento científico ya existente; la cuestión fundamental de la investigación tecnológica es el mejoramiento de la eficiencia y eficacia de los procesos, la reducción de los costos, la adaptación a las condiciones locales y el aumento de la capacidad productiva.

La labor de investigación tecnológica de las universidades debe orientarse a la identificación de los problemas futuros y al desarrollo de los conocimientos que permitan abordarlos. Es decir, la universidad no sólo debe satisfacer las necesidades del medio sino, siendo una parte integrante de éste, debe ser capaz de prever estas necesidades independientemente de la demanda que ejerza el medio.

Cabe señalar, en relación a este punto, que nuestra universidad ha sido precursora del desarrollo en nuestro país de muchas áreas del conocimiento que actualmente se consideran de aplicación corriente en Ingeniería Sanitaria. Dentro de éstas está la aplicación de las técnicas de análisis de calidad del agua, el uso de computadores, la evaluación del impacto ambiental de la contaminación del agua, la caracterización de los residuos industriales líquidos, el manejo de desechos sólidos, etc.

La investigación y la docencia se confunden en la elaboración de Memorias de Título, que permiten al alumno compenetrarse profundamente en un tema determinado y generar nueva y valiosa información, que pasa a engrosar el acervo universitario.



Análisis químico de aguas servidas.

NOTICIAS

PROGRAMAS INTERNACIONALES

Por último, es interesante enumerar los 5 programas internacionales en los cuales la Sección Ingeniería Sanitaria de nuestra Facultad está participando:

- El sistema de Monitoreo Global del Ambiente (GEMS/PNUMA/UNESCO/OMM) del programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente y el Consejo Económico y Social de las Naciones Unidas, consistente en un programa continuo de medición de parámetros de calidad ambiental en todo el mundo.
- El proyecto El Hombre y la Biósfera (MAB/UNESCO): participación en la determinación de la calidad microbiológica de las aguas de lagos y embalses.
- El Programa Regional para el Control de la Calidad Analítica en Laboratorios de Análisis de Aguas y Aguas Residuales, conducido por el Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ambiental (CEPIS) y la Agencia de Protección del Ambiente de los Estados Unidos (EPA)
- La Red Panamericana de Información y Documentación en Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente, REPIDISCA/CEPIS, a través del Centro de Información, CIRISCA.
- Programa de Investigaciones sobre Sistemas de Desinfección del Agua en el Medio Rural, conducido por el CEPIS.

