

Análisis Económico del Problema de la Contaminación del Agua

A. Introducción.

La cuenca del Pacífico de la ciudad de Guatemala, formada principalmente por el Río Villalobos y Lago de Amatitlán, sufre de altos niveles de contaminación por coliformes fecales, altas concentraciones de nitratos, fosforados y una alta demanda bioquímica de oxígeno.

La importancia de esta cuenca reside en que cerca de 1.5 millones de habitantes viven en ella y casi una tercera parte la industria nacional se localiza aquí. Además de esto, el Lago de Amatitlán es una fuente de agua para las poblaciones cercanas y un lugar de recreación para los habitantes de la región.

A pesar de la consciencia que se tiene del problema, todos los esfuerzos por resolverlo han seguido la línea de las prohibiciones. En la legislación correspondiente pueden identificarse muchas disposiciones que buscan mejorar la calidad del agua, llegando al extremo de ser repetitivas entre ellas. En ningún caso las disposiciones han utilizado criterios económicos para resolver el problema de la contaminación.

Este trabajo trata de sentar un marco metodológico que sirva de base para un estudio del costo-beneficio de mejorar la calidad del agua. El objetivo primordial de esta investigación es mostrar cómo los

conceptos microeconómicos pueden utilizarse en un caso aplicado. El espíritu de la propuesta es buscar una solución a la contaminación del agua utilizando los incentivos económicos. En este trabajo no se aborda la solución al problema de la contaminación vía el establecimiento de derechos de propiedad sobre los cuerpos de agua. En ningún momento se pretende determinar la superioridad entre la propuesta de derechos de propiedad o de incentivos económicos.

El trabajo se divide en tres secciones para facilitar la exposición de las ideas: en la primera se tratan algunas ideas relacionadas con la fijación de estándares para los niveles de contaminación en una cuenca; en la segunda parte se discuten los beneficios derivados de mejorar la calidad del agua y la metodología para su cálculo; en la tercera parte se tratan los costos asociados con la mejoría propuesta para la calidad del agua.

Todo lo que se sugiere en esta última sección se refiere únicamente al Río

<p>Hugo Maul es economista por la Universidad Francisco Marroquín, y estudió una Maestría en Economía en el Instituto Tecnológico Autónomo de México (ITAM). Actualmente es Director del Departamento de Investigación de la Facultad de Ciencias Económicas (UFM), y es Presidente del Centro de Investigaciones Económicas Nacionales (CIEN).</p>

Villalobos y al Lago de Amatitlán y se considera sólo la contaminación por fuentes fijas y no por fuentes móviles.

B. Criterios para los Niveles de Contaminación.

El punto de partida para el análisis económico de la contaminación en la cuenca es determinar la mejoría en la calidad del agua que se persigue. La mejoría en la calidad del agua dependerá de los niveles que se propongan para cada tipo de contaminante y del estado actual del agua.

Los principales problemas de los cuerpos en la cuenca son la alta demanda bioquímica de oxígeno, las altas concentraciones de nitratos y fosfatos, los desechos sólidos, las altas concentraciones de coliformes fecales y la presencia en menores proporciones de sodio, cloro, potasio, magnesio y manganeso.¹

Antes de proponer un estándar para la mejoría en la calidad del agua es necesario hacer un inventario de los distintos contaminantes presentes en los cuerpos de agua de la cuenca. Este inventario debe hacerse a lo largo del río y en distintas zonas del lago.

Una vez conocidas las distintas concentraciones para los distintos tipos de contaminantes, puede establecerse un criterio para su reducción. Como indica la teoría, este criterio de mejoría en la calidad del agua debe ser uno que las personas perciban y valoren.

Establecer un criterio que sea percibido por las personas es una tarea

muy difícil cuando se trata de agua, debido a que las personas se dan cuenta de cosas muy obvias como mal olor, turbidez, sólidos suspendidos, etc., criterios que pueden revelar muy poco acerca del estado del agua.²

Suponiendo que la gente puede percibir todos los aspectos de la calidad del agua, se pueden proponer varios criterios³:

i) Reducción en los niveles de concentración de los contaminantes a estándares internacionales. Este criterio podría aplicarse tanto al río como al lago.

ii) Alcanzar una mejoría de la calidad del agua que permita una intensa actividad pesquera y a la vez permita el uso del agua con fines recreacionales en forma segura. Este criterio sería exclusivo para el lago.

iii) Alcanzar una mejoría de la calidad del agua que permita su uso como fuente de agua potable para los poblados cercanos. Este criterio puede aplicarse al río o al lago.

Una vez establecida la mejoría que se pretende en la calidad del agua, pueden estimarse los beneficios que de ella se derivan. El criterio a alcanzar sirve también para establecer los niveles máximos de contaminantes que se permitirán en el río y el lago.

El siguiente paso es bastante complicado y sirve para hacer el análisis de costos asociados a la reducción de contaminantes. Aquí debe hacerse un inventario de todas las descargas que llegan al río y al lago y determinar con qué tipo de contaminantes y volumen de aguas servidas contribuyen cada una de éstas.

Una vez hecho lo anterior hay que agrupar las descargas por tipo de contaminantes y por zona. Esto se hace para averiguar cómo las descargas afectan las distintas lecturas de contaminación en el río y el lago.

Este último paso conlleva una compleja modelización de cómo las lecturas finales de contaminación se ven influidas por las descargas originales. Una vez logrado ésto se puede saber qué límites hay que imponer a cada descarga para que se alcancen los niveles óptimos.

Conociendo el criterio para la calidad del agua de cada descarga, se pueden estimar directamente los costos de alcanzar la reducción de la contaminación.

C. Beneficios de Mejorar la Calidad del Agua.

Los beneficios de mejorar la calidad del agua pueden separarse por tipo de beneficiarios: a) los que reciben los agentes económicos que la utilizan como un bien de consumo final o como un bien complementario a otros bienes de consumo; b) los beneficios que reciben los que la utilizan como insumo de producción. En ambos casos resulta mejor disponer de agua limpia que de agua sucia. En consecuencia, una mejoría en la calidad del agua implica o mayores beneficios económicos o mayores niveles de bienestar para la población.

Otro aspecto muy importante de los beneficios, es que una vez logrados se mantienen en el tiempo. Es decir que todos los años, si esta fuese la unidad de medida, vuelven a recibirse un flujo de ellos.

C.1. El Agua como Insumo en la Producción.

Muchas industrias requieren del agua como un insumo en sus procesos de producción. Algunas la necesitan porque venden agua procesada, empresas refresqueras, potabilizadores de agua y balnearios. Otras industrias la utilizan como insumo intermedio, para enfriamiento de sus procesos, para la producción de electricidad, para lavar las materias primas, etc. Otras más necesitan agua para obtener sus productos, pesca y agricultura principalmente.

De todas las actividades descritas arriba me concentraré en dos de ellas: las empresas potabilizadoras y la agricultura y pesquerías. Los beneficios del agua limpia en ambas actividades se traducen en reducción de costos, es decir aumentos en los excedentes de consumidores y productores (i.e., mayor bienestar social).

En el caso de las potabilizadoras de agua, generalmente empresas municipales, tener agua limpia en el Río Villalobos y Lago de Amatlán les ahorraría costos de purificación. En la actualidad las municipalidades y fraccionamientos no pueden acudir al río o al lago por agua potable sin incurrir en grandes costos de purificación. Esto obliga a la perforación de profundos pozos en busca de mantos subterráneos limpios o la búsqueda de alejados manantiales sin contaminación. En ambos casos se incurren en costos de bombeo del agua, de perforación de pozos, entubamiento del agua, etc.

Los beneficios de mejorar la calidad del agua pueden calcularse comparando costos medios de producción de agua potable en distintos poblados (por ejemplo, entre los que cuenten con agua de

ríos o lagos que estén limpios contra otros que no puedan utilizarla).

De esta comparación surge una medida promedio de la reducción en costos unitarios que obtendrían las potabilizadoras de la cuenca. Estos costos más bajos permitirían producir la misma cantidad de agua con los mismos recursos e incluso aumentar su producción. Lo anterior se traduce en aumentos en los excedentes de productores y consumidores.

En el caso de la agricultura y la pesca, el agua más limpia se refleja en mayores niveles de producción. Este aumento puede calcularse comparando los rendimientos promedio de estas actividades en otras regiones con cuerpos de agua no contaminados, contra los rendimientos locales. La mejoría en la calidad del agua provocaría un aumento en la oferta de estos productos, lo cual se traduce en un mayor excedente del consumidor.

En los casos analizados antes es crucial tomar en cuenta la estructura de los mercados y la naturaleza de las industrias, es decir si se trata de mercados competitivos o no y de cómo son los rendimientos a escala. Dependiendo de la estructura del mercado así cambiarán las estimaciones de cómo se reparten los beneficios entre productores y consumidores.

Los beneficios son los ahorros que logran en cada período las actividades descritas arriba. Mientras se mantenga la mejoría en la calidad del agua, siempre habrá un flujo de beneficios período a período.

C.2. El Agua como Bien de Consumo.

El consumo humano de agua limpia es el uso más directo que ésta tiene como bien de consumo final. Asimismo, el consumo de otros bienes finales requiere de agua limpia como bien complementario, tal es el caso de la recreación acuática y de los bienes inmuebles a la orilla de los cuerpos de agua.

En el caso de la recreación acuática (nadar, esquiar, navegar en botes, pescar) es obvio que cuanto más limpia sea el agua mayor satisfacción se obtiene. La mayor limpieza del agua aumenta el valor de este tipo de consumo y provoca aumentos en sus demandas, lo cual se traduce en mayores beneficios sociales.

En el caso de los bienes inmuebles para fines habitacionales, la limpieza de los cuerpos de agua vecinos a las propiedades aumenta el valor de la tierra. Un terreno a la orilla de un río limpio vale más que uno a la orilla de un río sucio, permaneciendo constantes las demás características. Esta conclusión es válida inclusive para propiedades con otros fines distintos a los habitacionales.

C.2.1. *El Agua para Consumo Humano.*

En este caso los beneficios de mejorar la calidad del agua se reflejan en la salud de los habitantes. Para estimar estos beneficios habría que analizar la incidencia de enfermedades gastro-intestinales en los poblados de la cuenca. Este análisis debe incluir estimaciones de la pérdida de días de trabajo por causa de las enfermedades y el valor de la producción sacrificada, y también debe incluirse un análisis de los costos médicos de tratamiento de estas enfermedades.

Una vez hecho lo anterior debe asociarse estadísticamente las cifras de enfermedades y muertes relacionadas con la mala calidad de agua con los niveles de contaminantes prevaletentes en ella. Conociendo cómo la contaminación influye en el número de enfermedades y muertes, entonces puede conocerse el impacto de una reducción en el nivel de la contaminación .

Es de esperar que al mejorar la calidad del agua se reduzcan el número de enfermos y muertos por padecimientos de origen gastrointestinal. La mejora en la salud de los pobladores de la cuenca reporta dos beneficios distintos.

Un beneficio consiste en la reducción de días perdidos por enfermedades, tiempo que ahora se traduce en mayor producción. Conociendo cómo se reducirán las enfermedades relacionadas con el agua puede calcularse el tiempo de trabajo que se ganaría y estaría disponible para la producción. A esta producción puede asignársele un valor y se obtendría así una medición de los beneficios.

Otro beneficio es el ahorro en costos de tratamiento médico por enfermedades relacionadas con el agua. Conociendo la reducción en enfermedades y muertes, podemos calcular los ahorros monetarios de este hecho. Esta cifra surge de multiplicar la reducción en el número de casos de enfermedad por su costo promedio de tratamiento. Este tipo de beneficios se reciben en cada período y se mantienen a lo largo del tiempo.

C.2.2. *La Recreación Acuática.*

Como ya se explicó, si mejora la calidad del agua habrán más personas dispuestas a utilizarla con fines recreativos. Más personas querrán nadar, esquiar y navegar en un lago limpio que en uno contaminado. La demanda por recreación sufre un desplazamiento hacia la derecha, y dado un precio, esto implica un mayor excedente de los consumidores, i.e., mayores niveles de bienestar.

Para estimar los beneficios de mayor recreación acuática habría que estimar su demanda en el Lago de Amatitlán. Este tipo de estimaciones son bastante complicadas ya que no existe un precio explícito que deba pagarse por utilizar el lago en sus partes públicas. En su defecto, es necesario hacer estimaciones indirectas de dicho precio. Esto se hace estimando el costo de transporte y el valor del tiempo utilizado en trasladarse al lago.⁴

El cálculo de la demanda de agua para fines recreativos es una tarea complicada. Sin embargo, mejoras en la calidad del agua implican mayores beneficios para los consumidores, los cuales deben ser contabilizados.

La mejora en la calidad del agua también provoca un aumento en el bienestar de aquellos que tienen casas en las orillas del lago. Estos también querrán consumir más recreación acuática, y dado un precio por usar el lago, también aumenta su demanda y el excedente de los consumidores.

En este último caso, el precio a pagar puede cambiar. Esto se materializa en un aumento en el valor de las propiedades en las orillas del lago. Este tipo de beneficios

también es un flujo que ocurre período a período, siempre que se mantenga la mejoría en la calidad del agua.

C.2.3. *Calidad del Agua y Valor de los Bienes Inmuebles.*

El aumento en el valor de las propiedades se experimenta no sólo en las propiedades de las orillas, ya que las propiedades vecinas tierra adentro también lo experimentan. Obviamente, el aumento se va disipando conforme más lejos esté la propiedad de la orilla. La explicación económica para este fenómeno es que la externalidad es agotable. Es decir que mientras más lejana esté la propiedad de la orilla menos sufre de la externalidad (técnicamente se diría que otro ya la absorbió totalmente).

Una forma de estimar el aumento en el valor de la tierra sería por medio de los precios hedónicos. Para aplicar esta técnica habría que hacer una investigación de campo acerca de las características de los terrenos en las orillas del río y el lago. En dicho estudio se tendrían que averiguar por lo menos lo siguiente:

i) El grado de contaminación que afecta a cada propiedad en el río y el lago, la que se llamará C_i (el subíndice i se refiere a la i -ésima propiedad). Es muy importante que la medida que se utilice para la contaminación sea la que perciben los que participan en el mercado inmobiliario. Aquí sería necesario hacer una encuesta entre los participantes en el mercado, para conocer lo que ellos perciben como los tipos de contaminación que más afectan el valor de la tierra. Algunas investigaciones han descubierto que los criterios más comunes entre estos agentes son la turbidez, olor, presencia de algas y desechos sólidos suspendidos.

Podría considerarse a C_i como un vector que contiene j características (tipos) de contaminación.

ii) El valor de la i -ésima propiedad, que se llamará V_i .

iii) Las características físicas más importantes del terreno. Entre éstas se encuentran: la distancia del terreno al camino más cercano se llamará D_i ; la calidad del camino más cercano, CC_i ; la distancia del terreno al poblado más cercano, DP_i ; la topografía del terreno, T_i ; uso del suelo de los vecinos, UV_i , etc.

Con los resultados de la investigación se hace una regresión donde se asocia el valor de cada propiedad con sus características. En forma genérica la regresión tendría la siguiente especificación:

$$V_i = f(C_i, D_i, CC_i, DP_i, T_i, U_i, UV_i)$$

Donde f es la forma funcional que especifica la relación entre las variables. La derivada dV_i/dC_{ij} es una medida de los precios implícitos marginales para cada contaminante j en cada propiedad i , evaluando la derivada según las características de esa propiedad. Se espera que el signo del coeficiente de cada C_j en la regresión sea negativo. De esta manera la derivada tendría signo negativo y estaría indicando el aumento en el valor de cada terreno i como consecuencia de conseguir una unidad menos del contaminante j .

Si suponemos que todos los agentes que enfrentan el problema ambiental son similares en gustos e ingresos, puede estimarse la demanda por calidad del medio ambiente (el negativo de la contaminación) por medio de la ecuación

$V_i = f(.)$. Para que este paso tenga sentido es necesario especificar en la regresión una función f que sea no lineal. Si f es una función lineal, la derivada en cuestión es constante y no podría derivarse una curva de demanda de reducción de contaminación.

Los beneficios derivados de la reducción de la contaminación en este caso, únicamente lo gozan los que actualmente son dueños de la tierra. En el futuro, aunque el precio siga alto ya no representa en sí mismo un beneficio para los propietarios.

D. Costos de Mejorar la Calidad del Agua.

Para alcanzar el nivel propuesto en la calidad del agua es necesario controlar las fuentes de contaminación: A estas alturas ya se conoce cómo las diferentes descargas de los contaminadores afectan los estándares propuestos para el río y el lago. Con base en este conocimiento deben establecerse normas técnicas para la reducción de contaminantes en cada descarga.

La reducción en la descarga de contaminantes involucra costos para los contaminadores. Esta reducción hace necesarias inversiones en plantas de tratamiento de agua, en cambios hacia tecnologías de producción menos contaminantes, en concentrar las diferentes descargas en un sólo caudal, en reciclaje, etc.

Además de los costos anteriores hay que considerar el valor social de la reducción en la producción. En este

análisis hay que considerar la estructura de mercado bajo la que operan los distintos contaminadores. Si lo hacen bajo competencia perfecta, y estos productores son una pequeña fracción del total, pueden obviarse los costos de una producción menor. Si las estructuras son monopólicas u oligopólicas, debe considerarse como un costo del control de la contaminación el valor monetario de la reducción en producción.

Los costos directos en equipo y gastos de operación para abatir la contaminación variarán en cada actividad económica. Estos costos están en función de los contaminantes que cada actividad produzca y del volumen que se produzcan de ellos. Aquellas industrias que produzcan mayor cantidad de contaminantes y en mayor volumen, incurrirán en mayores costos de este tipo.

Un aspecto importante de los costos es que una gran parte de ellos, todo lo que represente inversión en equipo y obras físicas, ocurre una sólo vez, en el inicio. En los siguientes períodos se enfrenta nada más el costo de mantenimiento y operación, el cual es relativamente menor.

La estimación de los costos de control de la contaminación deben hacerse en base a las distintas tecnologías disponibles. Estas tecnologías están en función de la calidad del agua requerida, de los contaminantes que cada empresa produzca y del volumen en que se produzcan. Para conseguir la mejor medida de los costos hay que realizar una agregación de costos de reducción a partir de datos individuales, de acuerdo a los límites prefijados.

De no ser posible el estudio a nivel individual hay que hacerlo agregando por tipo de contaminante y volumen de

producción. Es decir, los costos que enfrentarán los productores de x contaminante (con similar volumen de contaminación), cuando se impone un criterio máximo de descarga para esa sustancia. Con este objetivo habrá que trabajar con un productor representativo y obtener una medida aproximada de los costos. Un nivel de agregación mayor a los dos anteriores puede introducir graves errores de medición en los costos.

Básicamente pueden identificarse tres tecnologías para reducir la contaminación:

a) no producir agua contaminada; b) reducir las concentraciones de contaminantes por medio de controles físicos, químicos y alcantarillado; c) plantas de tratamiento de agua.

D.1. No Producción de Agua Contaminada.

Una de las tecnologías más baratas para reducir los volúmenes de contaminantes es la no-producción de los mismos. En el caso del agua esto equivale a reducir la producción de aguas residuales. Esta producción puede reducirse de varias formas, siendo la más directa la reducción en el consumo de agua limpia. Si no se consume agua limpia, para satisfacción propia o para procesos productivos, tampoco se contamina ésta. La reducción en el consumo se puede lograr aumentando el precio del agua potable para consumo doméstico e industrial.

Durante los últimos años se ha observado una tendencia en la ciudad de Guatemala para que el precio del agua deje de estar subsidiado. Si se logra que el precio refleje su verdadero costo de oportunidad en el tiempo, se estaría dando la principal reforma que permitiría reducir

los niveles de contaminación. Este aumento provocaría la reducción en el agua consumida y luego ensuciada; la magnitud de la reducción dependerá de la demanda por agua limpia. Habría que estudiar las propiedades de ésta para poder cuantificar correctamente el impacto de la medida. Esta tecnología no permite la total eliminación de los niveles de contaminación debido a la inelasticidad del consumo de agua.

D.2. Controles Físicos y Químicos.

Esta tecnología obliga a los contaminadores que vierten sus aguas directamente al río o al lago a tratarlas previamente. El tratamiento debe estar orientado a que las aguas vertidas cumplan con los límites establecidos. En el caso de contaminadores que ocultamente utilizan la red de drenaje para sus descargas, las municipalidades tendrían que detectarlos y obligarlos a que traten sus aguas antes de descargarlas. Esta tecnología permite tratar grandes volúmenes de agua y reducir las concentraciones de contaminantes a los niveles requeridos. Sin embargo, es una tecnología costosa para las industrias, municipalidades y fraccionamientos.

Además de los costos del equipo y de mantenimiento, debe tomarse en cuenta que otros costos asociados son los derivados de monitorear a los contaminadores. Gran parte de estos costos son de una sólo vez, al hacer las inversiones en equipo, quedando luego solamente los costos de funcionamiento y monitoreo.

D.3. Alcantarillado y Plantas de Tratamiento de Agua.

Esta tecnología aprovecha las economías de escala de concentrar una gran cantidad de flujos de agua y de tratarlos como uno solo. Esta característica de la tecnología permite alcanzar mayores niveles de reducción de contaminantes en los cuerpos de agua. En lugar de imponer límites a muchos contaminadores individuales y de monitorear que cumplan con ellos, el alcantarillado y planta de tratamiento permite concentrar todos los esfuerzos en la descarga final de la planta. Debido a las economías de escala y a que es más fácil controlar que las descargas de una sola planta, la mejoría en la calidad del agua que se logra en este caso es mayor que en otros.

Esta tecnología puede resultar muy cara dependiendo de la cobertura que se quiera dar a las descargas individuales. Un plan que pretenda concentrar y tratar el 100% de las descargas puede tener costos excesivos. En la medida que la cobertura se reduzca los costos bajan, pero la contaminación también aumenta.

En el caso de la cuenca bajo estudio existe un plan de alcantarillado y planta de tratamiento de agua que concentraría entre el 80 y 90% de todas las descargas a la cuenca. En este plan se pretende concentrar las descargas dispersas en un gran drenaje que correría paralelo al río y al lago. Al final de este drenaje estaría la planta de tratamiento que vertería sus aguas tratadas a unos 10 km. del lago en el río que le sirve de desagüe. Este plan permitiría reducir casi al 100% el flujo de contaminantes hacia el lago, quedando únicamente por controlar los lodos contaminados del lago y la basura

acumulada. A pesar de la efectividad de este plan los costos son muy altos. Se estima que la puesta en funcionamiento de este plan cuesta unos Q 700 millones (US\$ 130 millones), aproximadamente un 5% del Presupuesto de Ingresos y Gastos del Gobierno de Guatemala.

Otra opción sería hacer de caso que el río Villalobos es ya un caso ecológicamente perdido, esto es, que no vale la pena su rescate. En este caso podría únicamente considerarse una planta de tratamiento al final del río y se reducirían los costos a Q 300 millones (US\$ 50 millones). Con esta opción el río haría las veces del drenaje. Claro está que aunque bajan los costos también se reducen los beneficios de todos aquellos que se relacionan con el río. Es importante notar que la mayor parte de este costo ocurre sólo en el período inicial, en los periodos subsiguientes el gasto de mantenimiento es muy bajo en relación a la inversión inicial.

D.4. Límites Máximos de Contaminantes, Pago de Derechos por Unidad de Contaminantes y Permisos de Contaminación Canjeables.

Los costos de abatir la contaminación están en función de cómo se obligue a los contaminadores a cumplir con los estándares. El cumplimiento de los estándares puede lograrse de varias formas, unas más caras que otras. Las dos variantes más utilizadas para alcanzar la reducción en la contaminación son: imposición de los límites máximos de contaminantes en las descargas, pago de derechos por unidad de contaminación y permisos canjeables por contaminar.

La imposición de límites busca la reducción en los contaminantes sin tomar en consideración ningún argumento económico. El cobro de un derecho por contaminar busca que los contaminadores encuentren el punto óptimo de contaminación por medio de la maximización de beneficios. Este punto ocurre cuando el costo marginal de reducir los contaminantes sea igual al derecho por contaminar.

Los permisos canjeables por contaminar permiten que se alcance el nivel de mejoría requerida con el menor costo posible, es decir con reducciones mayores de los más eficientes y menores de los menos eficientes. Los permisos los terminarían usando los ineficientes a cambio de un pago a los eficientes para que éstos se los transfieran.

Dentro de la línea de imponer límites, la forma más común de operación es por medio de un tratamiento uniforme de descarga. Este método exige a todos los contaminadores de un mismo tipo de contaminante, que sus aguas residuales cumplan con cierto criterio ecológico antes de ser descargadas. No toma en cuenta diferencias entre los contaminadores, ni de calidad ni de localización. Con este criterio los costos de control no se reflejan en la decisión de cuánto contaminar.

Dentro de la línea de los derechos de contaminar la forma más común de imponerlos es por medio de un derecho uniforme por unidad de contaminación, por cada tipo de contaminante. Con este método los costos de control juegan un papel primordial: se descargan contaminantes hasta que el beneficio marginal por unidad de contaminación descargada sea igual al derecho que se cobra.

Una variante de los métodos citados antes es la zonificación de las descargas. Con este método se impone a todas las industrias de una misma zona el mismo cargo por unidad de contaminante descargado o el mismo límite de descarga. A lo largo de un río pueden haber varias zonas con distintos estándares cada una de ellas. Este método tiene las ventajas del anterior en cuanto a los costos, además de resaltar la importancia de la localización. Este último método también puede aplicarse para el caso de los permisos canjeables. Se permitiría el intercambio de permisos entre los contaminadores de una zona y no entre diferentes zonas.

El papel de la localización de los contaminadores es primordial al momento de calcular costos. Por ejemplo, si en un río hubiera un sólo contaminador a lo largo de muchos kilómetros, tal que sus descargas fueran degradadas por el río, resultaría lógico pensar que a este productor hay que imponerle un estándar más flexible al que se impondría a otros localizados en una área con gran concentración de contaminadores, (un "hot spot"), donde los procesos biológicos del río ya no son capaces de degradar los contaminantes.

Un método que trata de tomar en cuenta los beneficios de todos los anteriores es el del mínimo costo. Según este método se imponen los derechos por descarga a cada contaminador, según su localización y según los contaminantes que vierta, de manera que cada contaminador enfrente el mínimo costo por reducir contaminantes.⁵

En cualquiera de las opciones anteriores hay que conocer previamente lo que debe cumplir cada contaminador individual. Conociendo ésto puede

decidirse por la mejor forma más eficiente de lograr la reducción.

Es muy importante que se conozcan con la mayor certeza posible las curvas de reducción de contaminación de cada contaminador, sobre todo cuando se está pensando en derechos por contaminación y en límites máximos. Un buen conocimiento de la forma de estas curvas indicará qué instrumento es mejor para reducir la contaminación. Es necesario saber con qué grado de certeza se sabe que las curvas son como las que uno está suponiendo. Los costos sociales asociados con la mala fijación de un derecho o un límite pueden ser muy altos. Hay que tratar de minimizar este costo al decidir sobre un instrumento de control.

E. Conclusiones.

Sin duda alguna, mejorar la calidad del agua reporta muchos beneficios, los cuales están directamente relacionados con la cuantía de la mejora. Los principales beneficiados son:

a) Las municipalidades gastarían menos en producir agua potable al poderla tomar del río y el lago. Lo mismo sucedería con las industrias cercanas que utilicen agua en sus procesos y con la agricultura.

b) El gobierno central y la sociedad se beneficiarían al reducirse el número de enfermedades relacionadas con el agua contaminada. En el caso del gobierno no sería necesario destinar tantos recursos al sistema nacional de salud para tratar tales enfermedades.

c) La fuerza productiva ganaría muchas horas/hombre producto de la mejor salud de los trabajadores.

d) Las personas con terrenos en las orillas del río y el lago mejorarían al aumentar el valor de las tierras.

e) Los que utilizan el lago con fines recreacionales obtendrían mayores niveles de bienestar si las aguas del lago están más limpias.

La suma monetarizada de todos estos beneficios da una medida (probablemente subestimada) del valor que le asigna la sociedad a mejorar la calidad del agua. Hay que tomar en cuenta que la mayoría de estos beneficios se mantienen en el tiempo, es decir, que mientras se mantenga la mejoría en la calidad del agua, cada año habrá un flujo de beneficios que contabilizar.

Los costos dependen de la mejora que se pretenda y de la tecnología que resulte ser la de mínimo costo. Sin duda, cualquier mejora propuesta conllevará la instalación de equipos de tratamiento de agua, de construcción de obras civiles y de costos de mantenimiento.

Otro tipo de costos que no fueron tratados explícitamente son los relacionados con la reubicación de los contaminadores. Si alguno de los contaminadores produce mucha contaminación, tal que provoca inconveniencias en las superficies de transformación de otros productores, sería necesario no solo la imposición de los Impuestos Pigouvianos, sino la reubicación de éste.

Finalmente debe hacerse un análisis costo-beneficio de la mejoría propuesta. El criterio a aplicarse sería el de

NOTAS

maximización del valor presente de los beneficios netos. En el caso estudiado se sabe que el grueso de los beneficios serán un flujo que ocurrirá durante muchos años, mientras se mantenga la mejoría en la calidad del agua. En lo referente a los costos se sabe que la mayor parte de éstos se incurrirán en los primeros años. Escogiendo una tasa de descuento adecuada, la que refleje la valoración intertemporal que la sociedad da al recurso agua, puede estimarse el valor presente de los beneficios y de los costos. Si el valor presente de los beneficios netos es positivo, entonces hay que llevar a cabo la mejoría propuesta en la calidad del agua.

El presente trabajo sólo da los lineamientos teóricos para abordar el problema de reducir la contaminación del agua en esta cuenca. Un trabajo más completo debe asignar valores monetarios a todo lo que aquí se indicó.

Siempre debe tenerse en cuenta que no somos una sólo generación, ya que nuestro hacer o no hacer impone beneficios o costos en generaciones futuras. El análisis debe tomar en cuenta la sustentabilidad de la solución propuesta.

Esta propuesta final debe descansar en el siguiente principio básico: **las generaciones futuras tienen el mismo derecho que nosotros a los beneficios del agua limpia.**

¹ A. Tabarini, *Eutroficación del Lago de Amatitlán* (Facultad de Ingeniería Sanitaria, USAC, 1977).

² Una buena discusión acerca de los criterios que toman en cuenta los bañistas acerca de la calidad del agua se presenta en A. M. Freeman, *The Benefits of Environmental Economics* (Washington: Resources for the Future), pp. 214-19.

³ La dificultad para construir una medida para la calidad del agua se menciona en Freeman, *op. cit.*, p. 20.

⁴ Las técnicas para estimar la demanda por recreación son muy variadas. Si existe un precio por utilizar el agua como medio de recreación, la estimación de la demanda es directa. Si tal precio no existe hay que utilizar alguna medición indirecta. La metodología de Clawson-Knetsch utiliza los costos de transporte y el costo de oportunidad del tiempo para estimar la demanda por recreación acuática en distintos lugares.

⁵ En esta etapa hay que tomar en cuenta cómo se establece el límite de descarga o el cobro por contaminación. Una forma es por medio de la Demanda Bioquímica de Oxígeno en el lugar donde se hace la descarga. Con esta metodología no se toma en cuenta que el oxígeno disuelto en el lugar de la descarga es distinto a mediciones río abajo, que puede ser donde éste alcance su mínimo y provoque el mayor daño. Por medio de los permisos ambientales se busca imponer el control en base a las lecturas de oxígeno disuelto a lo largo del río. De esta manera se toma en cuenta la localización y el entorno del contaminador. La forma de

establecer este criterio puede ser muy complicada. Se requiere de modelos matemáticos para poder determinar cuál será el mínimo de oxígeno disuelto provocado por cada descarga. Una breve

referencia a este problema se presenta en T. Tietenberg, *Environmental and Natural Resource Economics*, 2a ed. (Scott Foresman, 1988), Cap. 18.