

RESUMEN Y CONCLUSIONES

1 Definición del problema y objetivos del proyecto

La zona conurbada formada por las ciudades de Zacatecas y Guadalupe, se encuentra ubicada en el Estado de Zacatecas. Por la topografía del terreno donde se encuentra asentada, el 20% del gasto total de agua de la ciudad de Zacatecas (agua pluvial y drenaje sanitario) escurre por la cuenca del arroyo Hacienditas, el cual cuenta con la planta tratadora de aguas residuales “El Orito”. El 80% restante del efluente de Zacatecas y el 100% del de Guadalupe tienen como drenaje natural el arroyo La Plata.

El arroyo La Plata tiene su origen en la comunidad Bracho, al norte y aguas arriba de la ciudad de Zacatecas (ver figura 1). En su origen está seco y su caudal proviene únicamente del agua residual que la conurbación Zacatecas-Guadalupe vierte en él, además de las precipitaciones pluviales que de manera natural fluyen por su cauce en la temporada de lluvias. El arroyo tiene un volumen anual de 16'000,000 m³ sin considerar precipitaciones pluviales¹.

Las aguas del arroyo corren embovedadas en su trayecto bajo la zona conurbada, en una distancia aproximada de 8 km; continúan a cielo abierto en predios agrícolas a partir del puente llamado “de lámina”, ubicado sobre la carretera a Cuauhtémoc (ver figura 1), llegando hasta una compuerta que desvía su curso natural e impide vaciar el remanente de su caudal a la laguna La Zacatecana.

El gasto se agota por infiltración y evaporación a pocos metros de la desviación construida.

1 FCH Consultores y Constructores, S.A. de C.V., “Ingeniería básica y diseño conceptual de alternativas para saneamiento de la conurbación Zacatecas-Guadalupe”, Tomo 3, tabla 6.1.

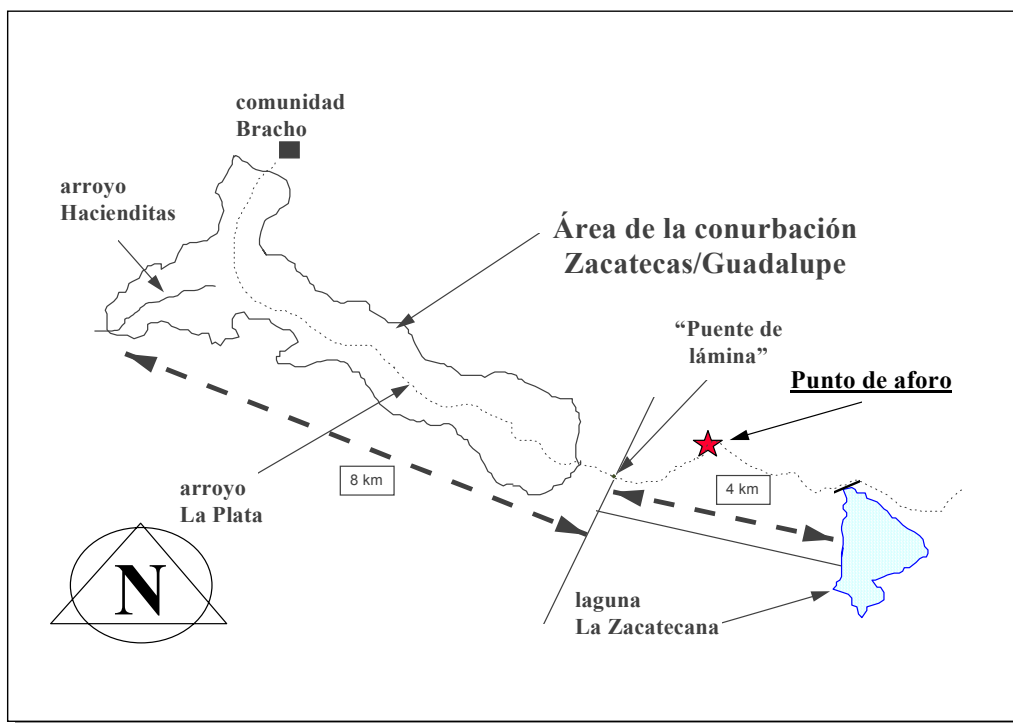


Figura 1 Conurbación Zacatecas - Guadalupe y curso del Arroyo La Plata

La Junta Intermunicipal de Agua Potable y Alcantarillado de Zacatecas (JIAPAZ), es un órgano público descentralizado de los municipios y es el responsable de la descarga del agua residual al arroyo la plata.

Por otra parte, la Comisión Nacional del Agua (CNA) es un órgano federal administrativo que tiene la autoridad y administración en materia de aguas nacionales; CNA cobra una cuota a JIAPAZ por derecho federal de descarga² al arroyo La Plata y exige que el agua residual cumpla con condiciones particulares de descarga cuando es vertida al cuerpo receptor. Adicionalmente, la Ley de Aguas Nacionales con disposiciones que entrarán en vigor a partir de 1997, menciona en sus artículos 119, 120 y 121, que sancionará a quienes descarguen aguas residuales en cuerpos receptores hasta con 10,000 días de salario mínimo general vigente y en caso de reincidencia, puede clausurar de manera temporal o definitiva al organismo operador, en este caso JIAPAZ.

Actualmente, el agua residual descargada en el arroyo La Plata no cumple con la calidad de agua exigida por la CNA, por lo que se plantea el proyecto de construir un sistema de tratamiento de agua residual.

De la problemática descrita se desprenden los objetivos del estudio:

2 Art. 276, Ley Federal de Derechos en Materia de Agua, CNA. Pág. 39; 1995.

Primero, JIAPAZ no tiene alternativa, la ley la obliga a construir un sistema de tratamiento de aguas residuales, por lo que está obligado a evaluar diversas alternativas técnicas, elegir la de mínimo costo y con esta información, calcular el monto de la tarifa a cobrar a los usuarios.

Segundo se evaluará socialmente la inversión, para conocer el beneficio o costo que para el país representa la construcción de la planta.

En tercer lugar, es conveniente buscar el sustento económico de la normatividad que obliga a construir la planta de tratamiento. Si la ley exige tomar una decisión de inversión, es conveniente evaluar si la normatividad está en función del óptimo de contaminación para la zona de estudio.

2. Costos de inversión y cálculo de la tarifa por saneamiento

Para identificar alternativas de solución al saneamiento del arroyo La Plata, se concursó el contrato de “Ingeniería básica y diseño conceptual de alternativas de saneamiento de la conurbación Zacatecas-Guadalupe”, ganado por FCH Consultores y Constructores; en dicho estudio se presentan tres alternativas técnicas para el tratamiento de las aguas residuales. Las tres fueron calculadas para cumplir con las condiciones particulares de descarga fijadas por CNA³.

En resumen, las alternativas son:

Alternativa 1: Sistema de tratamiento de aguas residuales a base de lagunas aereadas.

Alternativa 2: Sistema de tratamiento de aguas residuales del tipo convencional con aireación mecánica superficial.

Alternativa 3: Sistema de tratamiento de aguas residuales con aireación por medio de burbuja fina.

Los conceptos que integran el costo de la planta (ver tabla 1) son: inversión anualizada, costo de la energía eléctrica, costo de personal, costo de análisis de laboratorio, costo de mantenimiento y costo de polímero y cloro.

Las alternativas 1 y 2 son similares en cuanto a su operación, pudiendo ambas reducir el consumo eléctrico en un 20%⁴ durante la operación; debido a su

3 “ Condiciones específicas para el permiso de descarga pública urbana de Zacatecas-Guadalupe.” ; CNA; Gerencia Técnica; Zacatecas; noviembre de 1994.

4 Dato proporcionado por FCH Consultores y Constructores, S.A. de C.V.

tecnología, la alternativa 3 podrá reducir su consumo eléctrico hasta en un 50%⁵.

Tabla 1 Costo de operación anual para las tres alternativas técnicas (pesos de nov/95⁶)

ALT	INVER. ANUAL.	COSTO DE ENERGÍA	COSTO DE PERSONAL	COSTO DE ANÁLISIS	COSTO DE POLIM.Y CLORO	COSTO DE MANTENIM	COSTO ANUAL EQUIV.	VALOR ACTUAL DE COSTOS
1	2,693,220	2,687,666	224,033	55,000	1,095,952	220,413	6,976,284	55,265,047
2	3,538,507	2,497,720	260,726	55,000	1,095,952	220,413	7,668,318	60,747,230
3	5,634,235	1,831,382	303,214	55,000	1,095,952	220,413	9,140,197	72,407,228

Del análisis de las tres alternativas se desprende que la opción más conveniente para JIAPAZ es la alternativa 1 por ser la de mínimo costo. El beneficio neto que obtendría el organismo operador por la construcción de la planta de tratamiento, sería evitar el pago de la cuota y la multa, ya que el costo del proyecto debe ser internalizado a los usuarios generadores del agua residual vía tarificación.

Para la estimación de la tarifa de largo plazo (TLP) se utilizó como condición obtener utilidad normal, es decir, $VAN = 0$, lo que llevó a obtener una tarifa de \$0.4056/m³, la cual sería igual a la cuota sugerida por saneamiento.

3 Evaluación social

Para la evaluación social del proyecto se debe definir la situación actual, optimizarla, definir la situación con proyecto y finalmente hacer la comparación entre la situación sin proyecto y con proyecto.

3.1 Optimización de la situación actual

El estudio de optimización de un sistema de agua potable y alcantarillado implica tomar acciones que reduzcan la generación de aguas residuales: por ejemplo, presentar un esquema de tarificación adecuado del servicio de agua potable, cosa que reduciría la cantidad de agua residual, pero aumentaría su grado de concentración. Esta medida, al igual que otras que ayuden a optimizar la operación del sistema, causa un cambio poco significativo, por lo que el presente trabajo parte del supuesto de que todos los datos que se manejan, provienen de una situación óptima.

5 Ibid.

6 Estas cantidades así como todas las demás presentadas en este estudio están en pesos constantes de noviembre de 1995.

3.2 Producción agrícola

En la *situación sin proyecto* se tiene un efecto en producción agrícola causado por el agua residual cruda (ARC), lo que hace necesario identificar el impacto que ésta tiene en la generación de riqueza vía producción. El área afectada tiene una extensión aproximada de 768 hectáreas; 260 son las que actualmente se riegan con estas aguas, 281 son susceptibles de riego (para las cuales no hay agua de riego), y 227 se destinan a otros usos⁷.

En la *situación con proyecto* se obtendrá un beneficio por cambiar la producción agrícola a cultivos más rentables dada la calidad del agua tratada. Los cálculos de beneficios en producción agrícola se supone que están hechos utilizando tanto los costos sociales de producción agrícola, como los precios sociales de los productos.

Tabla 2 Beneficio neto de la producción agrícola

	\$
Beneficio neto sin proyecto	2,077,726
Beneficio neto con proyecto	7,697,947

Fuente: Elaboración propia en base a datos proporcionados por SAGAR, Delegación Estatal de Zacatecas, Distrito de Desarrollo Rural 182, Zacatecas, Zac.

3.3 Salud

Existe una relación entre la contaminación del agua y una serie de padecimientos conocidos como enfermedades hídricas. No se puede afirmar que sólo la interacción con el agua residual causa estas enfermedades, existen factores socioculturales que inciden en la morbilidad, tales como el nivel de educación, el nivel de ingreso, el tipo de vivienda y los servicios públicos disponibles (agua potable, drenaje, alcantarillado), pero ante la imposibilidad de aislar cada uno de los causales, se deben considerar todos los costos de salud del área que tiene contacto con ARC, para luego compararla con una simulación de situación con proyecto (en la que no se tenga contacto con ARC).

En la *situación sin proyecto* se debe analizar la zona de influencia del proyecto (comunidad La Zacatecana), la cual tiene una población rural total de 2,669 habitantes, para los que hay sólo un centro de atención médica comunitaria del Instituto Mexicano del Seguro Social. En este centro se registran aproximadamente un promedio de 50 casos anuales de las enfermedades denominadas hídricas, representando un costo social anual de \$1,842 (el dato

7 SAGAR, Delegación Zacatecas, Distrito de Desarrollo Rural 128. Padrón de usuarios, febrero de 1995.

presentado es la anualidad del año cero, que es creciente en función del crecimiento de la población)

La *situación con proyecto* se obtuvo mediante el método de asimilación, tomando los datos reales de una población llamada San Jerónimo, Zacatecas, que dista 10 Km de la zona de estudio. Tiene una población de 2,412 habitantes y características socioeconómicas (educación, ingreso, tipo de viviendas y disposición de servicios públicos) muy similares a la comunidad La Zacatecana. La única diferencia es que no se ve afectada por el paso de aguas residuales. Para la situación con proyecto los costos anuales de salud son de \$856 (ver anexo 9 para tendencia de crecimiento de los costos anuales de salud).

Al comparar las situaciones con y sin proyecto, se puede observar que la diferencia en costo de las enfermedades es mínima, tan solo \$986 *anuales*.

3.4 Costos de la planta

Los costos de la planta que se identifican en la situación con proyecto son los mismos que los mencionados en la evaluación privada, pero se estimaron utilizando la tasa social de descuento y el tipo de cambio social⁸. El cálculo de la inversión inicial se hizo omitiendo el impuesto al valor agregado y los aranceles del equipo importado. Con todas las consideraciones anteriores, el costo de anual equivalente de la alternativa técnica número 1 es de \$ 7,475,886.

3.5 Efectos intangibles

Existen beneficios intangibles, tales como la mejora del aspecto del lugar y la desaparición de malos olores, dichos beneficios no son considerados relevantes debido a que la descarga a cielo abierto se hace en predios agrícolas, por lo que no serán cuantificados ni valorados dentro de este análisis.

3.6 Efecto neto

Para obtener el efecto neto de la realización del proyecto, se deben restar los costos de construcción de la planta a los beneficios por cambio en producción agrícola, el resultado se muestra en la tabla 3.

Tabla 3 Efecto neto del proyecto

⁸ Datos proporcionados por la Coordinación de Evaluación de Proyectos y Estudios Especiales de BANOBRAS, México.

Concepto	\$
Valor actual del beneficio	35,543,806
Valor actual del costo	45,529,485
Efecto neto	(9,985,679)

La tabla 3 Muestra el costo que representa para México la construcción de la planta. Si socialmente no es rentable, se debe estimar el óptimo de contaminación para la zona del proyecto y buscar así que el país no pierda con este tipo de inversiones.

4. Análisis normativo

En teoría, el estado a través de las leyes debería propiciar que se alcance un óptimo social en materia de contaminación de los cuerpos receptores de aguas nacionales. El manejo, disposición o consumo de los bienes ambientales (como el agua), por su carácter de bienes públicos, debe ser regulado por el estado para asegurar así que se alcance un óptimo social en los intercambios de dichos bienes.

Para regular la actividad económica, el estado se apoya en la legislación. Es así que las políticas ambientales gubernamentales se implantan mediante el establecimiento de normas. La literatura económica ambiental sostiene que las normas constituyen una forma poco eficiente de la ejecución de la política ambiental⁹.

Es conveniente que el estado establezca la normatividad en función de análisis económicos para cada problema específico. Para el caso particular de este estudio, el estado debería estimar, un óptimo social de contaminación y en base a esto, establecer las condiciones particulares de descarga del arroyo La Plata.

Desde el punto de vista económico el nivel óptimo de contaminación se encuentra donde se maximiza la diferencia entre los beneficios totales menos los costos totales de “descontaminar” el agua residual.

Como primer paso del análisis, se deben identificar, cuantificar y valorar los costos y beneficios de descontaminar. Los costos de descontaminar el agua residual, están representados por el valor económico de las diversas alternativas técnicas que permiten pasar de un nivel de contaminación a otro. Los beneficios están representados por el valor de la producción agrícola que se puede obtener a diferentes niveles de contaminación.

9 ” Economía Ambiental”, David W. Pearce, Fondo de Cultura Económica. Pág 121

Para poder identificar los beneficios, se debería conocer la calidad de agua requerida por cada cultivo posible de ser sembrado en el área de influencia del arroyo La Plata, desde el punto de vista agrícola. La identificación de beneficios, exige un trabajo de investigación extenso que debe involucrar especialistas en materia de suelos, irrigación y producción agrícola, enfocados a los cultivos y tipo de suelo del área de influencia del arroyo La Plata.

Esta investigación no existe para la zona de estudio, por lo que el presente análisis parte de la premisa de que en México, todos los cultivos requieren para su producción cuando menos una calidad de agua de riego como la especificada por la Norma Oficial Mexicana NOM-CCA-032 ECOL/1993 que: *“...establece los parámetros fisicoquímicos requeridos para el riego de cultivos, y especifica además que el agua empleada en el riego, deberá de cumplir con los niveles de desinfección publicados en la norma NOM-CCA-033 ECOL/1993”*. La Norma 033 establece, mediante la definición de cuatro tipos de agua, la relación entre el número de coliformes contenidos en el agua de riego y los cultivos permitidos¹⁰:

Tipo 1: La que contenga menos de 1,000 coliformes totales/100 ml y ningún huevo de helminto viable por litro de agua. Cultivos permitidos con el uso de este tipo de agua: *Libre cultivo*.

Tipo 2: La que contenga de 1 a 1,000 coliformes fecales/100 ml y cuando más un huevo viable de helminto por litro de agua. Cultivos permitidos con el uso de este tipo de agua: *ajo, pepino, jitomate verde (o de cáscara), jícama, melón y sandía*.

Tipo 3: La que contenga de 1,001 a 100,000 coliformes fecales/100 ml. Cultivos permitidos con el uso de este tipo de agua: *melón y sandía, siempre y cuando se utilice riego por surco*.

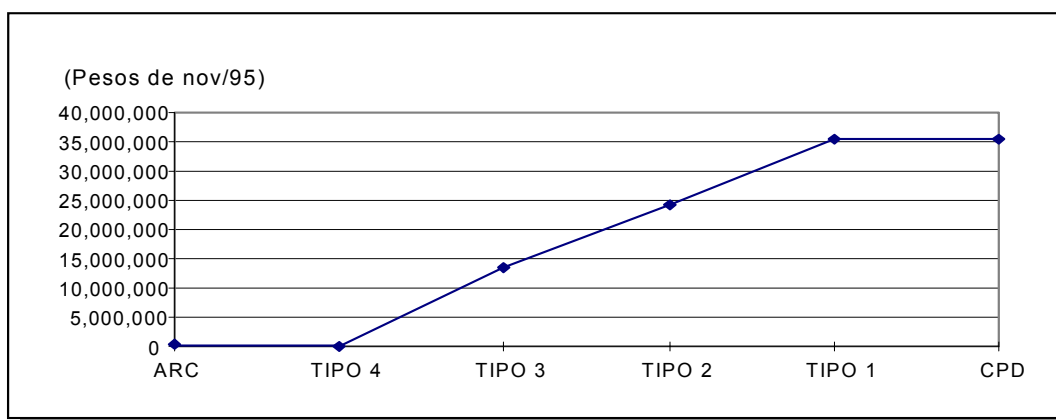
Tipo 4: La que contenga más de 100,000 coliformes fecales/100 ml. *Todas las hortalizas y productos hortifructícolas están prohibidos*.

Actualmente las condiciones particulares de descarga para el arroyo La Plata exigen una calidad superior al agua tipo 1. Esto se fundamenta en el derecho que concede la NOM-CCA-067 ECOL/1994 a la CNA para fijar condiciones particulares de descarga más estrictas que las sugeridas en las NOM 032 y 033.

4.1 Beneficios en producción agrícola

10 Norma Oficial Mexicana NOM-033-ECOL/1993 Diario Oficial de la Federación, 19 de octubre de 1993.

Dadas las disponibilidades de hectáreas para siembra y agua para riego, se debe calcular el beneficio de incorporar paulatinamente a la producción el cultivo más rentable permitido por la normatividad para cada tipo de agua. En base a estas características, se estimó el beneficio de sembrar en 260 hectáreas, forrajes con agua residual cruda y con agua tipo 4; sandía con el tipo 3; ajo con el tipo 2 y papa con el tipo 1.



Gráfica 1 Valor presente de los beneficios en producción agrícola generados al tratar el agua residual cruda.

Como se observa en la gráfica 1, el pasar de ARC a tipo 4 no representa un beneficio, ya que el ingreso que se percibiría con agua tipo 4 sería el mismo que con agua residual. La normatividad haría obtener un valor actual de beneficios de \$35,537,596 (a los beneficios totales del nivel CPD se le restan los beneficios que se obtienen actualmente; de la misma manera se calculan los beneficios de cada nivel) lo que aparentemente es positivo, pero para completar el análisis, a los datos aquí mostrados se deben restar los costos de descontaminar.

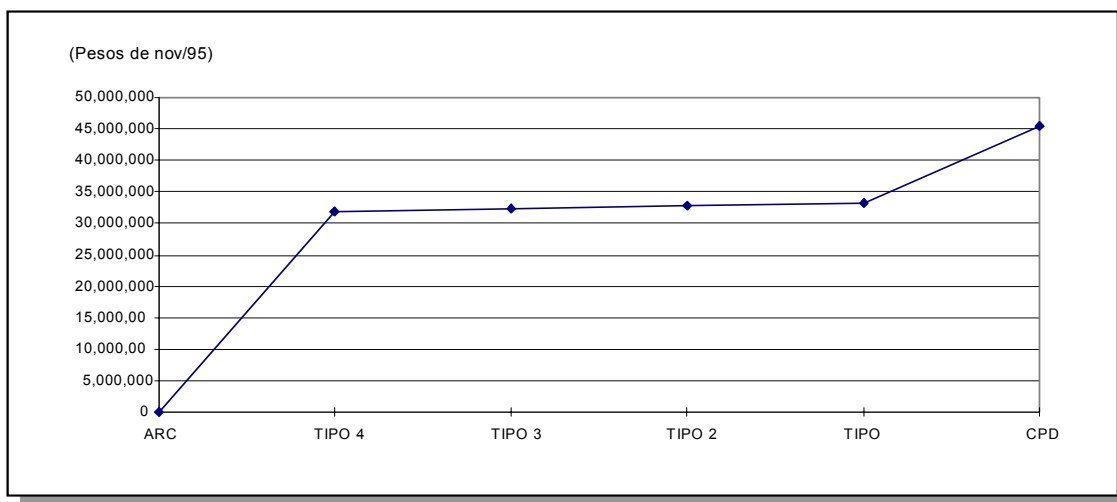
4.2 Costos de descontaminar el agua residual cruda (ARC)

Se consultó con especialistas para obtener la alternativa técnica que permitiera simular el costo de pasar, en forma discreta, del ARC al agua tipo 4 y sucesivamente hasta llegar a cumplir con las condiciones particulares de descarga. Es así que se obtuvo el detalle de un sistema de tratamiento de filtros percoladores¹¹, es decir, un sistema biológico y de desinfección que cumplirá con las normatividades 032 y 033 y que es la opción de mínimo costo.

11 Cotización proporcionada por TSS Internacional, S.A. de C.V., febrero de 1996.

El sistema biológico trata el ARC y la cambia a tipo 4. El sistema de desinfección escogido opera mediante el uso de luz ultravioleta¹², debido a que su costo es menor que la desinfección con cloración, que es la opción más común. Se instalan módulos de desinfección y cada uno de estos módulos va mejorando el tipo de agua hasta convertirla en tipo 1. Para cumplir con las condiciones particulares de descarga se tomó en cuenta el costo que ya se tenía, de la alternativa proporcionada por FCH.

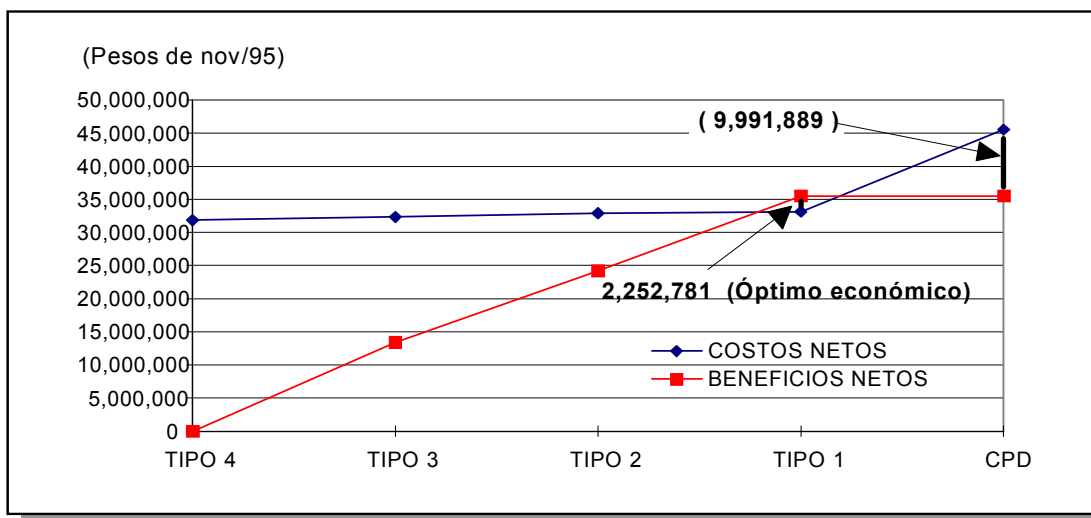
En la gráfica 2 se muestra el costo total neto del sistema de tratamiento para alcanzar cada uno de los diferentes tipos de agua que la normatividad clasifica.



Gráfica 2 Costos de descontaminar el agua residual cruda.

Finalmente, en la gráfica 3 se muestran los beneficios y costos totales netos de descontaminar, así como el nivel en el que está actualmente la norma.

12 Cotización proporcionada por Trojan Technologies Inc., marzo de 1996.



Gráfica 3 Nivel óptimo de contaminación

La gráfica 3 muestra que la máxima utilidad se encuentra al utilizar agua tipo 1, por lo que se puede concluir que la sociedad se va a enriquecer tratando el agua a los niveles que marcan las normas 032 y 033.

El costo social que provoca el cumplir con la normatividad (sólo las NOM-032 y NOM-033), es de \$12,244,670. Esto es \$9,991,889 por obligar a cumplir con las condiciones particulares de descarga más el costo de oportunidad por no ubicarse en el nivel óptimo de contaminación, equivalente a \$2,252,781.

La normatividad en el caso de Zacatecas debería remitirse a exigir parámetros agrícolas que permitieran sembrar cultivos más rentables; es decir, que al ser implementados los sistemas de tratamiento, los beneficios que obtenga el país sean superiores a los costos de oportunidad de abstenerse de realizar el proyecto.

Las condiciones particulares de descarga establecidas para la zona no están en función de un óptimo social; tampoco en función del uso que se le da al agua. Es probable que sean fijadas sin hacer un análisis técnico-económico de la situación de la zona a la que se le están aplicando.

Este análisis de ninguna manera es aplicable en lo general; es una recomendación para hacer el estudio de cada caso particular en el que la normatividad ecológica esté obligando llevar a cabo decisiones de inversión. Es conveniente profundizar en la identificación de beneficios. Para este caso en particular, los beneficios en salud y los intangibles no resultaron económicamente relevantes, pero puede haber otros casos en los que sí lo sean e incluso, se encuentren otros conceptos de beneficios y costos.

5. Conclusiones y Recomendaciones

JIAPAZ debe enfrentar el costo por construir la alternativa 1, que le permitirá cumplir con las condiciones particulares de descarga, fijadas por CNA, del agua residual descargada al arroyo La Plata. Se evaluó la construcción de una planta de tratamiento, eligiendo la alternativa técnica de mínimo costo. Con el costo de la alternativa se obtuvo una tarifa que permitiría internalizar el costo del saneamiento a los usuarios.

La evaluación social muestra que para el país no es rentable la construcción de ninguna de las alternativas presentadas, pues los beneficios que se obtienen de la realización del proyecto son menores que los costos en que se incurre.

Al analizar el nivel óptimo de contaminación se determinó que no todas las normas existentes son las adecuadas, por lo que sería conveniente realizar un análisis específico para cada caso.

La recomendación de este estudio es utilizar los resultados de la evaluación social, así como la estimación del óptimo social de contaminación para cuestionar la norma (NOM-ECOL / 067) y si es posible, lograr su modificación.

6. Limitaciones del estudio

Las principales limitaciones de este estudio son:

1. Debido a la legislación la construcción del sistema de tratamiento de agua residual no es opcional y mediante las condiciones particulares de descarga, impide que se evalúe la alternativa técnica de mínimo costo, dado el uso específico del agua. Si el agua es utilizada únicamente para riego agrícola, debería realizarse el análisis de alternativas técnicas de saneamiento que proporcionarían exclusivamente la calidad mínima requerida para sembrar;
2. Todos los VAN están calculados en horizontes de 50 años, por lo que se requirió hacer diversas proyecciones. Es conveniente hacer revisiones de las proyecciones utilizadas en este estudio cada 5 años;
3. No se contó con información suficiente en cuanto a costos de producción de los cultivos, por lo que se debió recurrir a distintas fuentes y coleccionar los datos por etapas.