

2. TRATAR Y REUSAR LAS AGUAS RESIDUALES



2. TRATAR Y REUSAR LAS AGUAS RESIDUALES

Frente la creciente escasez de agua limpia, las aguas residuales representan un recurso cada vez más apreciado. Están surgiendo métodos de tratamiento de costos accesibles, y su biomasa está siendo reconocido como una fuente renovable de energía. Además, hay avances tecnológicos significativos para su almacenamiento en acuíferos y potabilización. En este capítulo se inicia un proceso de visualizar los posibles usos para las aguas residuales actualmente expulsadas, y propone un sistema de plantas de tratamiento de aguas residuales de tamaño medio, a lo largo de la periferia al norte, oriente y sur del área metropolitana.

Apreciando las aguas residuales

Durante los últimos siglos, las aguas residuales han sido despreciadas, y se ha buscado alejarlas lo más posible. Pero ahora, frente la creciente escasez de agua limpia, este humilde y abundante recurso empieza a ser revalorado. De hecho, están surgiendo iniciativas en zonas urbanas en Hidalgo y Querétaro, para tratar y aprovechar las aguas residuales de la Cuenca de México. Los primeros en apreciar y aprovechar este recurso, serán los que sientan precedentes para su futuro uso.¹

El aprovechamiento de las aguas residuales requiere, como primer paso, procurar su separación de las aguas pluviales, hasta lograr su tratamiento. Una vez tratadas, pueden ser utilizadas directamente para fines industriales ó agrícolas, en sustitución de agua subterránea ó importada, “de primer uso”. También, pueden ser reutilizados por el sector público-doméstico. En este caso, requiere de un proceso de tratamiento más exigente, después del cual las aguas tratadas son almacenadas, preferentemente en un acuífero, para luego ser extraídas y potabilizadas.

Un obstáculo a la creación de los ciclos de reuso, ha sido el costo y complejidad de las plantas de tratamiento. Afortunadamente, las técnicas de tratamiento anaerobio, a diferencia de las técnicas aerobias actualmente utilizadas, prometen ayudar a superar este cuello de botella.

“LA PROBABLE DISMINUCIÓN EN LA PRODUCCIÓN DE AGUA DE LAS FUENTES ACTUALES ACENTÚA LA NECESIDAD Y URGENCIA DE IMPLEMENTAR EL PROGRAMA DE SANEAMIENTO Y APROVECHAMIENTO DE LAS AGUAS TRATADAS...”

Programa de Saneamiento y Recuperación de los Acuíferos del Valle de México, Conagua, 2007

¹ A nivel internacional, se está empezando a utilizar el término “aguas recuperadas” (“reclaimed water”), para referirse a las aguas residuales tratadas. (UNESCO, 2005.)

Los ciclos de reuso son claves para poder vivir bien con el agua disponible; la misma agua puede ser utilizada varias veces dentro de un ciclo, como es el caso de las aguas tratadas utilizadas para riego agrícola, que terminan recargando los acuíferos. Cada litro reutilizado reemplaza la necesidad de importar agua ó sobreexplotar los acuíferos.

La gestión de los ciclos de reuso requiere de una fuerte participación por parte de los usuarios, empezando con la valoración de este recurso despreciado, el desarrollo de estrategias para evitar su contaminación, y la identificación de oportunidades para su reuso.²

ESTADO ACTUAL DEL TRATAMIENTO DEL AGUA EN LA CUENCA DE MÉXICO

El tratamiento y reciclaje del agua fue parte de las prácticas de los habitantes originales de la cuenca hasta el periodo de La Colonia. Desde entonces, fue hasta en el año 1956, en el contexto de la crisis del hundimiento del Centro Histórico por la sobreexplotación de los acuíferos, que se construyó la planta de tratamiento de Chapultepec, la cual hasta la fecha provee agua para los lagos y la jardinería de este parque.³

Actualmente, el área metropolitana genera 40 m³/s de aguas residuales. Hay capacidad instalada para el tratamiento de 10 m³/s, se logra tratar solo 5.2 m³/s, y una parte de las aguas son regresadas a la tubería y canales de desagüe. Los usos del agua tratada actualmente son⁴:

- Llenado de canales y lagos en Xochimilco, Tláhuac, Chapultepec y Bosques de Aragón: PTAR Cerro de la Estrella, San Luis Tlaxiataltemalco, San Lorenzo, Bosques de Aragón;
- Riego agrícola metropolitano: PTAR San Pedro Actopan, San Andrés Mixquic, La Lupita, San Nicolás Tetelco, Cerro de la Estrella;
- Riego de áreas verdes, camellones, parques y jardines: PTAR: Coyoacán, Reclusorio Sur, PEMEX-Picacho, Tlatelolco, Iztacalco, Campo Militar, Cd. Deportiva, Parrés, Chapultepec;
- Reuso industrial: PTAR Acueducto de Guadalupe, Santa Bárbara.⁵

En particular, la PTAR Cerro de la Estrella, siendo la más grande de la ciudad, ha realizado un importante papel en el saneamiento desde finales de los años 1950, cuando empezó a enviar aguas tratadas a las zonas chinamperas-lacustres de Xochimilco para reemplazar el agua de manantiales desecados.

2 No solo es importante contener las aguas residuales, sino es vital asegurar la disposición final segura de los residuos sólidos y limitar ó prohibir el empleo de agroquímicos, para así no contaminar el ciclo del agua.

3 Ezcurra 1996.

4 Mazari-Hiriart, 2008.

5 Monroy-Hermosillo, 2000.

Tabla 1. Potenciales usos para aguas tratadas, por volumen, ubicación y calidad requerida

Medio de reuso	Vol. (m ³ /s)	Ubicación	Calidad requerida
Riego agrícola	23.0	Suelos agrícolas sobre zonas de recarga al norte, oriente y sur de la zona urbana	Alta a media
Lagunas de infiltración	7.5	Sobre las zonas de recarga en la periferia urbana al norte, oriente y sur de la zona urbana	Alta
Reuso municipal e industrial	7.5	Plantas locales en toda la zona metropolitana	Alta a media
Expandir zonas de chinampas y Lago Texcoco	2.0	Xochimilco, Tláhuac, Texcoco	Media
Pozos para la inyección de aguas tratadas	1.0	Al norte, oriente y sur del Cerro Santa Catarina	Muy alta
TOTAL	41		

PROPUESTAS PARA EL APROVECHAMIENTO DE AGUAS TRATADAS Fuente: Elaboración propia

PROPUESTAS DE USO

Es importante visualizar los usos potenciales de las aguas tratadas, para así determinar el tamaño, tipo y ubicación de las plantas de tratamiento requeridas. A continuación, se describen potenciales usos de aguas tratadas para los volúmenes disponibles:

Riego agrícola: 23 m³/s

Actualmente, las zonas de riego en la cuenca ocupan un total de 17.6 m³/s, de los cuales 12.6 m³/s provienen de los acuíferos, y 5.0 m³/s son aguas residuales no tratadas. Se propone reemplazar ambas fuentes con aguas residuales tratadas. Además, existe la demanda y el potencial para aprovechar otros 5.4 m³/s para 10,400 has. de nuevas zonas de riego, en el sur y el oriente de la cuenca.

Lagunas de infiltración: 7.5 m³/s

Se propone fortalecer la recarga de los acuíferos con lagunas de infiltración, ubicadas sobre las zonas de recarga, en la vecindad de las plantas de tratamiento (vea capítulo “Recarga”)

Reuso municipal e industrial: 7.5 m³/s⁶

Se prevé que el volumen de agua reutilizada aumentará de los 5.5 m³/s actuales, a 7.5 m³/s, en parte porque el precio del agua en bloque cobrado para el uso industrial, sirve como incentivo.

⁶ Dado que el aprovechamiento de aguas tratadas no requiere de concesiones ni el pago de derechos a la Comisión Nacional del Agua, es difícil determinar con exactitud los volúmenes reciclados para uso industrial. Las Comisiones de Cuenca podrían apoyar en el levantamiento de este registro.

Expansión de zonas chinamperas, lacustres 2.0 m³/s

Se requerirán de estos volúmenes de aguas tratadas para mantener los niveles en las zonas lacustres-chinamperas que se proponen recuperar en Xochimilco, Tláhuac y Texcoco. (Vea capítulo “Lluvia”)

Pozos de inyección: 1 m³/s

Por su alto costo, esta tecnología sería utilizada como medida de emergencia, en combinación con la reubicación de pozos de extracción, para proteger las zonas amenazadas por el agrietamiento del acuitardo.

LAS PLANTAS DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES (PTAR) EL FOMENTO DE CICLOS DE REUSO EN LA CUENCA

Una barrera al logro de mayores niveles de tratamiento de aguas residuales, ha sido la dependencia en tecnologías de tratamiento aerobio costosas y complejas, cuyas exigencias técnicas y energéticas han sido tan altos que el 50% de la capacidad instalada en la Cuenca ha quedado en desuso.

La transición a métodos de tratamiento anaerobio (biodigestión en la ausencia de oxígeno) implicaría: menores costos de construcción y operación; la generación neta de energía; menos residuos sólidos; y el financiamiento parcial del tratamiento vía la venta de bonos de carbono. Enseguida presentaremos el modo de funcionamiento de ambos tratamientos, el aerobio y el anaerobio.

COMO FUNCIONA EL TRATAMIENTO AEROBIO, DE LODOS ACTIVADOS

El método de lodos activados es el método aerobio más común en México, Estados Unidos y Europa. Ha predominado en los países de latitudes no tropicales, por su funcionalidad bajo condiciones de extremo frío, y por la (hasta recientemente) abundancia de energéticos de bajo costo, que prevalecía en el siglo XX.

Los “lodos activados” centrales a este proceso de tratamiento, son una asociación de bacterias que trabajan en la presencia de oxígeno, para “digerir” la materia orgánica en las aguas residuales.

Para garantizar el acceso al oxígeno, es necesario agitar e inyectar aire constantemente a las aguas residuales bajo tratamiento para mantenerlas en contacto con el oxígeno. El empleo de enormes motores y compresoras para este efecto hace que las plantas de lodos activados sean tan costosas para construir, operar y mantener.

DURANTE EL PERIODO DE LLUVIAS, LA PROPUESTA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES “EL SALTO” EN ATOTONILCO, GENERARÍA 1135 TONELADAS AL DÍA DE LODOS, LOS CUALES REQUERIRÍAN SER TRANSPORTADOS PARA RECIBIR UNA DISPOSICIÓN FINAL SEGURA.

(Conagua, Atotonilco, 2008)

Este proceso de digestión genera dos principales bi-productos, ambos siendo problemáticos: nuevos microorganismos (llamados “lodos de purga”), y bióxido de carbono (CO₂), el cual es un gas no combustible, con efectos de invernadero. Los lodos de purga son inestables, y por lo tanto, requieren de un tratamiento (generalmente anaerobio) previo a su disposición, en el cual 60% de los lodos son convertidos en biogás (metano y CO₂). Los lodos restantes (40%) tienen que ser depositados en un relleno sanitario.

Debido a un fuerte proceso de transferencia tecnológica durante las últimas décadas, actualmente, el 44% de las plantas de tratamiento de aguas residuales en México utilizan el método de lodos activados.

EL TRATAMIENTO ANAEROBIO, UNA TECNOLOGÍA APROPIADA PARA MÉXICO

En México, la India, China, Brasil, Colombia y otros países de clima moderado, se está encontrando que las plantas de tratamiento anaerobio cuestan menos para construir, operar y mantener; además, generan menos lodo y representan una fuente de energía sustentable generan energéticos; y producen menos lodos.

En el tratamiento anaerobio, alrededor de 70% de la materia orgánica es transformada en biogás (gas metano y CO₂). Las aguas bajo tratamiento están almacenadas en tanques esbeltos y profundos (ó altos), sin agitación, para no entrar en contacto con el aire. Por lo tanto, estas plantas ocupan menos espacio y requieren de poca maquinaria y energía; pueden ser subterráneas, y pueden llevar canchas deportivas u otra infraestructura en su superficie. Los pocos lodos generados por el proceso anaerobio ya están estabilizados, y pueden ser utilizados para el mejoramiento de suelos.

Tabla 2. El método de “lodos activados” vs. métodos anaerobios

Insumo ó producto	Métodos anaerobios	Lodos activados (aerobio)
Metano (biocombustible) generado	82	20
Kwh generado	128	63
Kwh consumido	6	44
Kwh neto generado	122	14
Lodos generados	9 K	29 K
Costo de construcción por m ³ /s capacidad (en millones de pesos)	134 ¹	328 ²
Costo por m ³ tratado ³	1.03	2.17

Fuente: Adaptado de Dr. Monroy, 2008

- 1 Estimación basada en costo de construcción de PTAR Bucaramanga, a US\$5 millones para 0.7 m³/s, utilizando 15 pesos por U.S. dólar, como tipo de cambio, y agregando 25% para costos indirectos, supervisión, administración e imprevistos.
- 2 Estimación del Programa de Saneamiento (Conagua, 2007), como costo de plantas chicas; el costo por m³/s de plantas grandes (de 9 a 23 m³/s) es \$265 millones. Las estimaciones incluyen indirectos, ingeniería, supervisión de la construcción, administración de contratos e imprevistos. No incluye IVA.
- 3 Plantas Portales y Paseos de Chalco, 2007.

Adaptación de PTAR existentes a métodos anaerobios

Las unidades habitacionales que han proliferado en la periferia de la zona metropolitana, comúnmente cuentan con PTAR aerobios, de 35 a 120 lps de capacidad. Gran parte de éstas están parcial ó totalmente en desuso, principalmente el costo de su operación y mantenimiento.

Para los fines del actual estudio, el Dr. Oscar Monroy Hermosillo propone que estas PTAR sean habilitadas para incorporar el tratamiento anaerobio, antes de su proceso de tratamiento con lodos activados. De esta manera, podrían

disminuir sus costos a un nivel económicamente sustentable. Esta adaptación no requeriría de terreno adicional, porque los dos procesos pueden ser realizados en el espacio actualmente ocupado por el proceso aerobio.

Con estas adaptaciones, una planta “tipo” de 35 lps, generaría 2.2 veces menos lodos (47 m³/día en vez de 105 m³/s); requeriría 2.3 veces menos electricidad; y generaría 278 m³/día de biogás. El costo de inversión sería \$60 mil por lps (litro por segundo) de capacidad de las plantas a habilitar.



Filtros anaerobios y cloración. PTAR Los Volcanes, en Chalco, Estado de México.



Campanas y canaletas de reboso de un reactor anaerobio UASB

Otros métodos de tratamiento, LAGUNAS DE OXIDACIÓN

Las lagunas de oxidación son excavaciones de poca profundidad en donde bacterias, algas y protozoos, en contacto con el aire, eliminan en forma natural, los sólidos suspendidos y la materia orgánica, incluyendo patógenos. Los nutrientes así generados pasan a formar parte de un ecosistema de plantas y bacteria en el fondo del lago, y las aguas superficiales, ahora libres de entre 70 y 85% de su demanda química ó biológica de oxígeno, cumplen con las normas para ser liberadas a los ríos, o utilizadas para riego o infiltración.

Representa un método de tratamiento sumamente efectivo, de bajo costo y fácil man-

tenimiento, dado que el único cuidado que requieren es el control de insectos y de plantas acuáticas invasoras, los cuales se controlan a través del manejo integrado de plagas (MIP), introduciendo, por ejemplo, peces mosquitos ó creando habitat para golondrinas u otros depredadores de insectos. Las lagunas de oxidación bien diseñadas raramente requieren ser desazolvadas.

Esta forma de tratamiento es apropiada para las zonas de suelos de conservación del Distrito Federal y los municipios semi-rurales del área metropolitana. Su agua puede ser utilizada con fines agrícolas. Cuando se encuentran sobre zonas de recarga, permitirán la recarga natural del acuífero subyacente.

HUMEDALES

Las plantas de tratamiento con humedales permiten el flujo de aguas residuales con una profundidad menor a 60 cm, entre las raíces de plantas, entre las cuales se forman películas de bacteria que filtran y absorben los contaminantes, a la vez que permiten la oxigenación del agua. La vegetación superior controla la formación de algas, porque no permite la penetración de la luz solar.

Hay dos tipos de sistemas de humedales para el tratamiento de aguas residuales. En el primero, llamado “flujo libre”, agua pretatada circula entre los tallos y raíces de la vegetación. En este sistema, se puede sembrar ciertas zonas y dejar otras abiertas, para crear habitats para aves acuáticas.

En el sistema de flujo subsuperficial, el agua circula entre raíces sembradas en camas de grava sin llegar hasta la superficie. Proporciona un tratamiento secundario ó avanzado. Este método ocupa menos espacio, se evitan problemas de mosquitos, y ofrece mayor protección contra el frío.

Los humedales pueden lograr 80% reducción en la de altos niveles de demanda biológica del oxígeno, sólidos suspendidos, nitrógenos, metales y patógenos; aunque tienen poca capacidad de eliminar el fósforo.

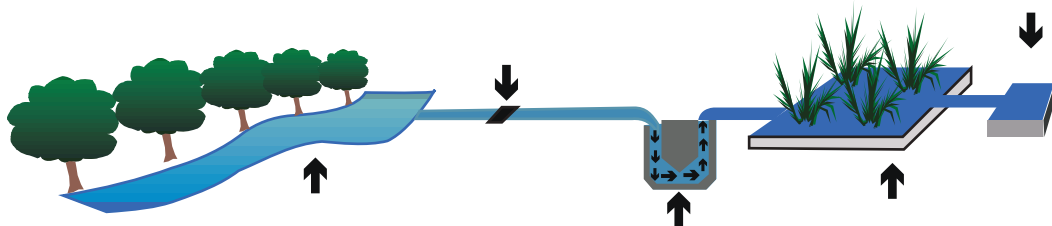


Imagen 1. Humedal, Delia C. Espinoza

PARTICIPACIÓN EN LA CREACIÓN DE CICLOS DE TRATAMIENTO Y REUSO

El organismo operador de la PTAR tiene un papel vital en la promoción de ciclos de reciclaje. Por un lado, está en posición para identificar nuevos volúmenes a captar y tratar, y puede detectar la presencia de contaminantes de manejo difícil, y generar estrategias para su eliminación en fuente⁷. Por el otro lado, el organismo de la PTAR puede buscar usuarios para las aguas tratada que está generando, y generar estrategias para financiar el proceso de tratamiento.

Otros actores claves para lograr sistemas cerrados de tratamiento y reuso, incluyen comunidades y asociaciones de vecinos que desean rescatar sus ríos, empresas industriales

⁷ Estos incluyen el fósforo, los nitrógenos, el cloro y los patógenos, además de metales pesados.

que buscan fuentes de agua a menor costo; agricultores necesitados de agua para riego; y habitantes y autoridades que buscan opciones para frenar los hundimientos causados por la sobreexplotación de los acuíferos. Las Comisiones de Cuenca, descritas en el capítulo “Colaboración”, representan espacios privilegiados para generar estas formas de colaboración, entre estos actores.

EXPERIENCIA MODELO: CERRO DE LA ESTRELLA

LA PLANTA DE TRATAMIENTO CERRO DE LA ESTRELLA, EN LA DELEGACIÓN IZTAPALAPA, ES LA MÁS GRANDE DE LA CUENCA ACTUALMENTE. INICIÓ OPERACIONES EN LOS AÑOS 1950, PARA SUMINISTRAR AGUAS TRATADAS A LA ZONA CHINAMPERA EN XOCHIMILCO, CUANDO LOS MANANTIALES QUE LA ALIMENTABA SE HABÍAN DESECADO. DA TRATAMIENTO A LAS AGUAS RESIDUALES Y PLUVIALES DE LAS DELEGACIONES ÁLVARO OBREGÓN Y CONTRERAS.

EN 2007-8, CON UNA INVERSIÓN DE \$141 MILLONES DEL FIDEICOMISO 1928, SE LOGRÓ AMPLIAR SU CAPACIDAD DE 2 M³/S A 3 M³/S. DE ESTO, 1.6 M³/S SON DESTINADOS A LA ZONA CHINAMPERA DE XOCHIMILCO-TLÁHUAC, 1.2 M³/S PARA RIEGO EN TLÁHUAC-MIXQUIC, Y 200 LPS SON ENVIADOS A LAS ZONAS INDUSTRIALES DE IZTAPALAPA Y ZARAGOZA.

ACTUALMENTE EL SISTEMA DE AGUAS DE LA CIUDAD DE MÉXICO ESTÁ PREPARANDO PARA RETOMAR EN 2009, UNA ESTRATEGIA PROBADA A NIVEL PILOTO EN LOS 1990, EN LA CUAL SE LOGRÓ INYECTAR 20 LPS DE AGUA TRATADA (1.127 M³ EN TOTAL), VÍA EL POZO SANTA CATARINA.

EL FOMENTO DE CICLOS DOMÉSTICOS Y COMUNITARIOS DE REUSO

Aunque sean poco visibles, los sistemas informales de reciclaje del agua a nivel doméstico han sido vitales para el 77% de los habitantes quienes, debido principalmente a inequidades en el sistema de distribución, cuentan con menos de 150 litros por día. Comúnmente, por ejemplo, en estas colonias, el agua de la regadera es captada para el lavado de ropa, después del cual, sirve para el excusado.

Suponiendo que estos 15.4 millones de habitantes ahorran unos 50 litros por persona por día con estrategias de reuso, en su conjunto se están evitando el consumo de 9 m³/s, lo cual representa casi el doble del agua importada por el Sistema Lerma.

EVALUACIÓN DE LA PROPUESTA DE UN “MEGACICLO” DE TRATAMIENTO Y REUSO: PTAR ATOTONILCO (EL SALTO)

Actualmente, se ha propuesto la construcción de una planta de tratamiento de aguas residuales a la salida de la Cuenca. El costo de construcción de esta planta, posiblemente la más grande del mundo, es estimado en \$7,359 millones; su costo final, incluyendo el pago

de intereses a 20 años, sería entre \$15,800 millones (a 6% interés) o \$19,480 millones (a 8% interés).

Esta planta sería contratada a largo plazo (20 años), por licitación internacional, bajo el esquema “Pago por Servicio”, ó “Diseño-Construcción-Propiedad-Operación”. El contrato garantizaría a la empresa ganadora el acceso a un mínimo de 23 m³/s de agua en temporada de secas, y 28 m³/s durante los cinco meses de lluvias.

Se prevé que esta planta, posiblemente la más grande del mundo, utilizaría tecnologías aerobias. Para esto requeriría de 166 millones de kw-hr/año de energía eléctrica⁸, y generaría 334,680 toneladas de lodos al año (917 ton. al día),⁹ de las cuales aproximadamente la mitad serían inorgánicos, requiriendo de su disposición final en un relleno sanitario. La otra mitad serían lodos orgánicos.

Los lodos de purga recibirían un tratamiento anaerobio para generar biogas, cuya captación, manejo y venta sería contratada a otra empresa. La electricidad así generada sería casi suficiente para cubrir las necesidades energéticas del tratamiento aerobio.¹⁰

La captación del metano de la planta permitiría la venta de bonos de carbono. Aunque la Conagua consideró la posibilidad de mantener los derechos sobre el metano, y el valor de sus posibles futuros bonos, se decidió trasladar estos derechos a la empresa contratada. Con los valores actuales de los bonos, se podría prever ingresos adicionales de \$137 a \$274 millones anualmente por este concepto.

El Programa de Saneamiento propone, adicionalmente, que la PTAR Atotonilco maneje los lodos de las PTAR Nextlalpan y Zumpango (los cuales serían transportados por el Emisor Oriente), debido a que estas plantas no contarían con el espacio requerido para manejar sus propios lodos, por ubicarse en zonas urbanas.

Su costo anual de operación y mantenimiento será entre \$542 y \$632 millones, más \$40 millones al año para bombear el agua desde el punto de salida del Emisor Oriente 20 metros hacia arriba para alcanzar la plantilla de la PTAR. Esta suma ya incluye el ahorro generado por la generación de energía eléctrica a través del biogás producido.

Se prevé que el costo de la construcción, intereses, operación, mantenimiento y bombeo será entre \$1.67 y \$2.10 por metro cúbico facturable. El Programa explica que el 50% de este

8 Se requeriría de una inversión de \$452 millones, un costo de capital de \$53 millones/año, \$30 millones en costos anuales de operación y mantenimiento, para un saldo a favor de \$75 millones/año para la empresa contratada, según precios actuales de electricidad. (Conagua, Atotonilco, 2008).

9 Durante el periodo de lluvias, generaría 1135 toneladas de lodos al día de lodos, con un volumen total de 4980 m³, de los cuales 515 toneladas serían lodos inorgánicos, y 620 toneladas serían lodos orgánicos. El resto del año, la planta generaría 609 toneladas de lodos al día (2670 m³), de los cuales 310 toneladas serían lodos inorgánicos, y 299 toneladas serían lodos orgánicos.

10 El valor bruto del biogas sería \$158 millones por año, del cual se dedicaría \$53 millones/año para pagar el capital e intereses sobre la inversión en la gasoelectrica (\$1060 millones, en 20 años), y \$30 millones para cubrir sus costos de operación y mantenimiento (\$30 millones/año), para un beneficio neto de \$75 millones. El costo de la energía eléctrica consumida en el tratamiento aerobio es \$146 millones.

costo será cubierto por el Gobierno Federal, y el otro 50% por los “10 millones de usuarios del Distrito Federal”

En fin, la propuesta de esta PTAR demuestra que existe un creciente consenso con la necesidad de empezar a crear ciclos de tratamiento y reuso. Sin embargo, antes de comprometer \$24,217 millones (más costos financieros)¹¹ a este “macrociclo” que expulsaría 40 m³/s de agua de la Cuenca, y regresaría 5 m³/s, valdrá la pena explorar si no sería más económico y sustentable generar ciclos subregionales al interior de la Cuenca.

Ventajas del tratamiento descentralizado, al interior de la Cuenca
Se corregiría el déficit de agua en la Cuenca de México y el superávit en la Cuenca de Tula.
Se contarían con volúmenes de agua para ampliar la producción agrícola y para recargar los acuíferos de la Cuenca de México.
La construcción de las PTAR, por etapas, con recursos disponibles, evitaría el pago de intereses.
Al tratar las aguas cerca de sus puntos de uso y reuso, se evitarían los costos, riesgos y pérdidas que resultarían del traslado masivo del recurso.
Un modelo basado en PTARs subregionales, permitirá que cada PTAR se adecue a la calidad del agua a tratar y las opciones de reuso de su zona.
Las PTARs locales podrían identificar las fuentes de residuos no biodegradables, e instrumentar estrategias para su eliminación.
El biogas generado y la venta de bonos de carbono se mantendrían bajo el dominio público, y ayudarían a financiar los procesos de tratamiento.
Se podría construir PTARs para lograr el tratamiento de las 41 m ³ /s de aguas residuales en toda la cuenca, por el mismo costo de la PTAR Atotonilco.

¹¹ \$7,091 millones para PTAR Atotonilco; \$1,815 millones para su gasoeléctrica; \$3,311 millones para reimportar y potabilizar los 5 m³/s de las aguas tratadas e infiltradas; y \$12,000 millones para el Emisor Oriente y sus plantas de bombeo, propuesto para proveer 50% del agua a tratar. De Conagua, “Atotonilco”, 2008.

Tabla 3. Análisis de ventajas y desventajas de PTAR Atotonilco

Ventajas De la PTAR Atotonilco	Desventajas de la PTAR Atotonilco
Se crearía un ciclo de tratamiento y reuso entre Valle de México y Valle de Tula (Mezquital).	El beneficio (la importación de 5 m ³ /s de agua del Acuífero Tula) no es justificado por los \$24 mil millones que costaría el “megaciclo” México-Tula-México: Emisor Oriente 10 MDP*, plantas de bombeo 2 MDP, PTAR Atotonilco 7 MDP, Gasoeléctrica 1.8 MDP, Potabilización 3.3 MDP.
	Se generaría un compromiso contractual, a largo plazo, de expulsar un mínimo de 23-28 m ³ /s de la Cuenca de México, cuando este recurso hídrico es requerido para estabilizar sus acuíferos.
	Una empresa privada tendría el usufructo del biogás y los bonos de carbono generados.
El tratamiento a gran escala permitiría disminuir ciertos costos por volumen tratado.	El Valle de México enviaría 23-28 m ³ /s de agua, y recibiría tan solo 5 m ³ /s.
	Se tendría que invertir más de \$8 mil millones adicionales en la tecnificación del riego para evitar la recontaminación de las aguas tratadas en el Valle de Mezquital.
	Se requeriría de la inversión de \$600 millones adicionales para evitar la mezcla de aguas tratadas con aguas residuales en los canales del Valle de Mezquital.
La contratación de una empresa privada bajo el esquema de prestación de servicios, permite construir la PTAR ahora, y pagar su costo a lo largo de 20 años.	En la temporada de lluvias, pasarían volúmenes de agua mayores a la capacidad de tratamiento, volviendo a contaminar el Valle del Mezquital.
	La salida del Emisor Oriente estaría ubicada a 20 metros por debajo de la PTAR Atotonilco, requiriendo el bombeo de los volúmenes de salida (23 m ³ /s a 150 m ³ /s), con un costo anual adicional de \$40 millones.
	Los agricultores del Mezquital verían disminuidos los nutrientes que actualmente reciben de las aguas residuales no tratadas.
	La PTAR generaría un promedio de 917 toneladas de lodos estabilizados al día, 1135 toneladas en temporada de lluvias, las cuales requerirían de disposición final segura.
	Aunque el contrato será privado, el gobierno federal (vía Fonadin) cubriría el 49% del financiamiento.

* En este informe, se utilizará “MDP” en tablas para referirse a millones de pesos