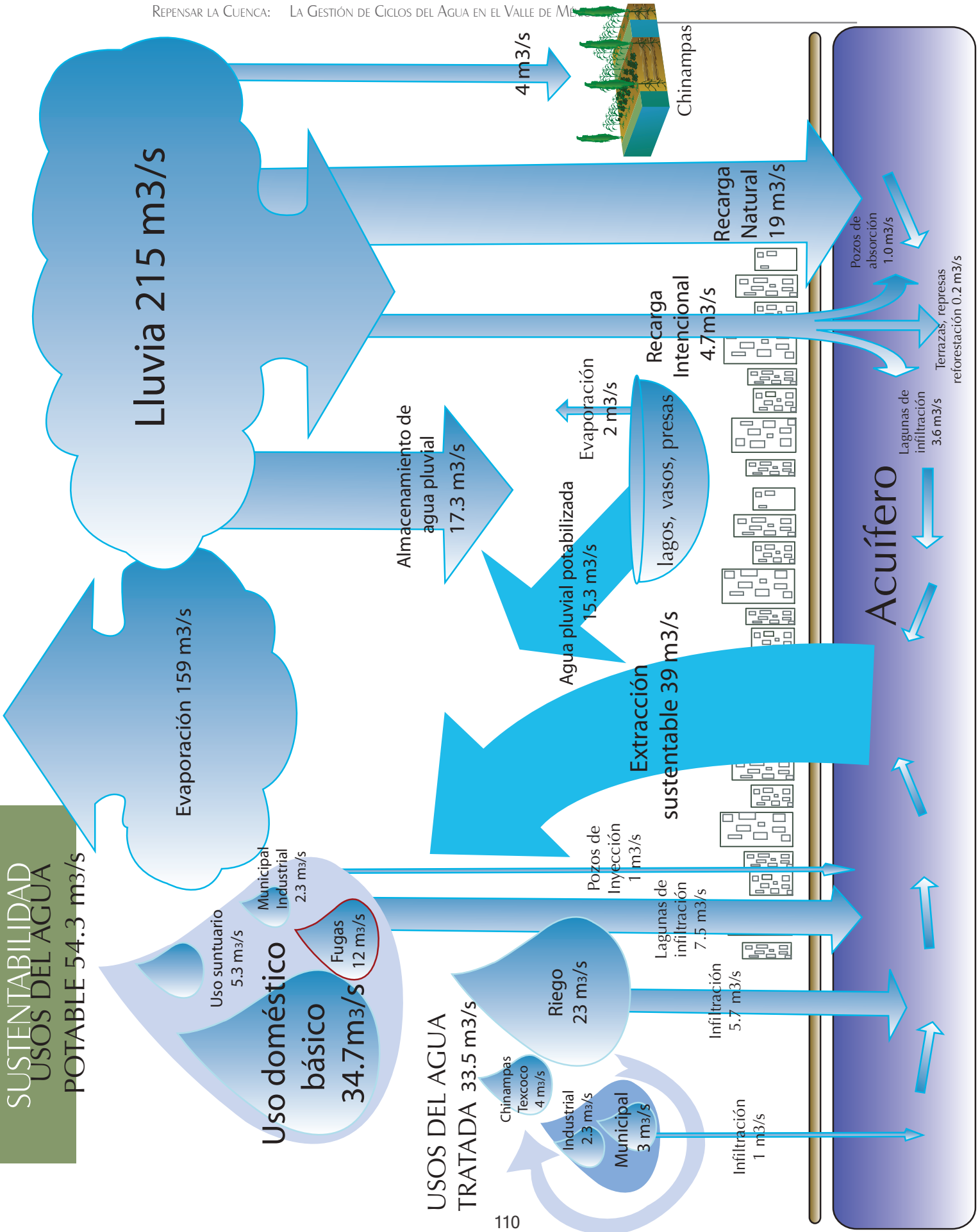




8. INVERTIR EN LA SUSTENTABILIDAD



**SUSTENTABILIDAD
USOS DEL AGUA
POTABLE 54.3 m³/s**



8. INVERTIR EN LA SUSTENTABILIDAD

La inversión en obras para la gestión de aguas pluviales y tratadas, permitiría reducir la actual dependencia de fuentes de agua no sustentables. Estas inversiones implican menos costos de inversión, operación y mantenimiento, que las obras de importación ó expulsión, además, puede realizarse por etapas, con los recursos disponibles, para así evitar el costo adicional del pago de intereses. Finalmente, gran parte de estas obras implican beneficios adicionales, como son la producción de energéticos y de alimentos, oportunidades recreativas, recuperación del paisaje y el rescate cultural.

La gestión del agua en la Cuenca de México, se encuentra en un momento determinante, en el cual los acuíferos no permiten mayores niveles de sobreexplotación, y la importación de cada vez mayores volúmenes de agua de otras cuencas se vuelve prácticamente incosteable. Por este motivo, el Programa para la Sustentabilidad Hídrica (Conagua, 2007), incluye propuestas basadas en la gestión de las aguas pluviales y tratadas en la propia cuenca, cuyos costos de inversión y operación son mucho menores que los costos de los macroproyectos de importación y exportación.

El actual estudio retoma y refuerza estas propuestas, convirtiéndolas en el centro de un paquete de obras, que buscaría satisfacer la totalidad de las necesidades hídricas de la cuenca a través de fuentes sustentables, incluyendo agua pluvial, escurrimientos y agua recargada natural ó intencionalmente. Se propone llegar a un equilibrio entre la demanda, por un lado, y la oferta sustentable, por el otro, de tal manera que cualquier aumento en la población en la cuenca, tendría que ser acompañado por un correspondiente aumento en la eficiencia del sistema. Esta gestión equilibrada de la cuenca y sus acuíferos representaría el garante de la seguridad hídrica ahora y a futuro.

Tabla 1 Sustentabilidad actual y potencial

Fuente	Vol. actual (m3/s)	Vol. Potencial (m3/s)
Explotación de la recarga natural	19.0	19.0
Explotación de la recarga artificial ¹	0	20.2
Agua pluvial	0	15.3
Aguas residuales tratadas ²	5.5	31.0 ³
Manantiales	2.7	2.7
Agua disponible para prevención de fugas	0	8.0
Aguas residuales no tratadas	5.5	0
Sobreexplotación de los acuíferos	40.0	0
Fuentes externas	19.7	0
Total	92.4 ⁴	96.2
Porcentaje agua obtenida de fuentes sustentables	29%	100%

1 Volúmenes recargables: con aguas tratadas: lagunas 4.5 m3/s, riego 5.8 m3/s, pozos inyección 1 m3/s; con agua pluvial: lagunas 3.6 m3/s pozos absorción 0.9 m3/s, cuenca alta 0.2 m3/s.

2 Se incluyen 5.5 m3/s de aguas actualmente tratadas en la Cuenca.

3 Incluye: reuso industrial 7.5 m3/s; riego agrícola 23 m3/s.

4 Incluye 81.9 m3/s concesionadas, más las aguas residuales reusadas, con ó sin tratamiento.

ANÁLISIS DE COSTOS POR FUENTE

El diseño del paquete de obras, se basó en una primera estimación de costos de las opciones disponibles para la obtención de agua (vea Anexo para hoja de cálculo), el cual incluyó: a) costo de inversión inicial, amortizado sobre un periodo de 20 años, sin incluir costo de financiamiento; b) costo anual de operación y mantenimiento; c) costo de obras e infraestructura adicional: infraestructura de riego, excavación de lagunas de infiltración, saneamiento de zonas de captación de agua pluvial, pozos de inyección, etc.; d) porcentaje infiltrable (en el caso de la recarga intencional); e) costo efectivo del recurso hídrico en el punto de entrega.

Tabla 2. Costo por metro cúbico de agua, por fuentes actuales y potenciales

Concepto	Vol. disp.	Costo por m ³
Lagunas de infiltración de agua pluvial, arriba de zonas urbanas	2.0	0.76
Lagunas de infiltración de agua pluvial, en zonas de captación que requieren de saneamiento	2.0	1.08
Conversión de PTARs en desuso a métodos anaerobios, p/infiltración vía lagunas	2.5	1.20
Pozos de absorción de agua pluvial	2.0	1.49
Conversión de PTARs en desuso a métodos anaerobios, p/infiltración vía riego	2.5	1.52
Agua tratada infiltrada vía lagunas, de nuevas PTARs anaerobias	4.0	1.52
Agua tratada infiltrada vía riego, de nuevas PTARs anaerobias	5.4	1.98
Potabilización de agua de Presa Guadalupe, Presa Madín, Vaso Zumpango	5.9	2.35
Agua tratada infiltrada vía lagunas, de nuevas PTARs aerobias, propuestas por Programa de Saneamiento (incluye 8% intereses sobre inversión), a 20 años	7.0	2.83
Potabilización de agua del Lago Xico (incluye costo de formación de bordes, saneamiento, tratamiento)	5.1	3.75
Potabilización de agua del Vaso de Zumpango, expandido (incluye Costo de recuperación de bordes, ampliación PTAR y potabilizadora)	2.5	4.37
Recuperación de volúmenes vía prevención de fugas, 1ª etapa	6.0	5.01
Pozos de inyección, con agua de PTAR Cerro de la Estrella	0.5	5.56
Agua importada del acuífero de Tula, sin incluir costo de tratamiento de aguas residuales infiltradas	5.0	5.90
Costo actual de agua de Sistema Lerma	4.8	6.00
Recuperación de volúmenes vía prevención de fugas, 2ª etapa	6.0	10.00
Cisternas p/captación escolar agua pluvial	0.1	10.46
Pozos de inyección, con aguas tratadas utilizando técnicas de potabilización de alta confiabilidad	2.0	10.78
Costo actual de agua de Sistema Cutzamala	14.8	11.00
Acuífero de Tula, incluyendo el costo del tratamiento de las aguas residuales expulsadas, para ser infiltradas (El Salto)	5.0	15.10 ⁵
Rehabilitación de Cutzamala	3.0	16.33

1. INVERSIONES PARA DETERMINAR EL MODELO DE GESTIÓN DE AGUA EN LA CUENCA

El paquete de obras propuesto por el Programa de Saneamiento y Recuperación de Acuíferos del Valle de México (vea Tabla 3), está diseñado para: a) reducir el nivel de sobreexplotación de los acuíferos; b) prevenir posibles inundaciones con agua pluvial; y c) lograr el saneamiento.¹ Su costo total, a ser pagado en 20 años, sería \$58,769 millones, equivalente a la totalidad del presupuesto del pago de derechos al agua en bloque (manejado por Fideicomiso 1928) durante las próximas dos décadas.

El actual estudio, busca proponer algunos ajustes a este paquete, en aras de lograr mayores resultados con menos inversión, a través de obras que cumplan múltiples objetivos. Por ejemplo, en vez de invertir \$12 mil millones para la construcción de otro túnel más para desalojar aguas pluviales extraordinarias, se propone recuperar los lechos de los originales lagos, todavía no urbanizados, para almacenar, y luego potabilizar, el agua pluvial al interior de la cuenca. En vez de ubicar una enorme planta de tratamiento a la salida de la cuenca, se propone construir una serie de plantas de tamaño mediano (2-3 m³/s) sobre las zonas de recarga en los límites sur y oriente del área urbana, para recargar los acuíferos con las aguas tratadas, complementando las cinco plantas propuestas por el mismo Programa, para el norte de la cuenca.

¹ Conagua, Programa de Saneamiento y Recuperación de Acuíferos del Valle de México, 2007.

Tabla 3. Paquete de proyectos propuestos por el Programa para la Sustentabilidad Hídrica del Valle de México (Conagua, 2007)

Proyecto	M3/s	Inversión MDP	Operación y mantenimiento	Fuente
PTAR El Salto	23.0	7091	665	Financiamiento privado, a 20 años, con 6 a 8% de intereses, a solventar vía pago por m3 de agua tratada
PTAR Nextlalpan	9.0	3030	256	
PTAR Vaso El Cristo	4.0	2255	108	
PTAR Zumpango, 3º	2.5	503	67	
PTAR Zumpango, 2º	1.5	697	48	
PTAR Guadalupe	0.5	230	19	
PTAR Berriozábal	2.0	1059	78	
Gasoelectricas (57 MW)		1815	82	Financiamiento privado, a recuperarse vía cobro a PTAR
Potabilización Presa Guadalupe	2.0	527	103	Fideicomiso 1928
Potabilización Acuífero Tula	5.0	3311	420	
Potabilización Vaso Zumpango	2.5	595	127	
Potabilización Presa Madín	0.5	110	25	Organismo de Cuenca
Rehabilitación Sistema Cutzamala	3.0	3571	291	Organismo de Cuenca
Emisor Oriente y Plantas de Bombeo	0	11,995	0	Fideicomiso 1928
Sub-total	13	36,789 ¹	2290	
Costo de intereses para PTARs, a 7% de interés, por 20 años.		22,006 ²	0	Se incluirá en el pago garantizado (50% gob. Federal, 50% gob. D.F.) a empresas contratadas, por m3 de agua tratada
Total	13	58,795	2290	

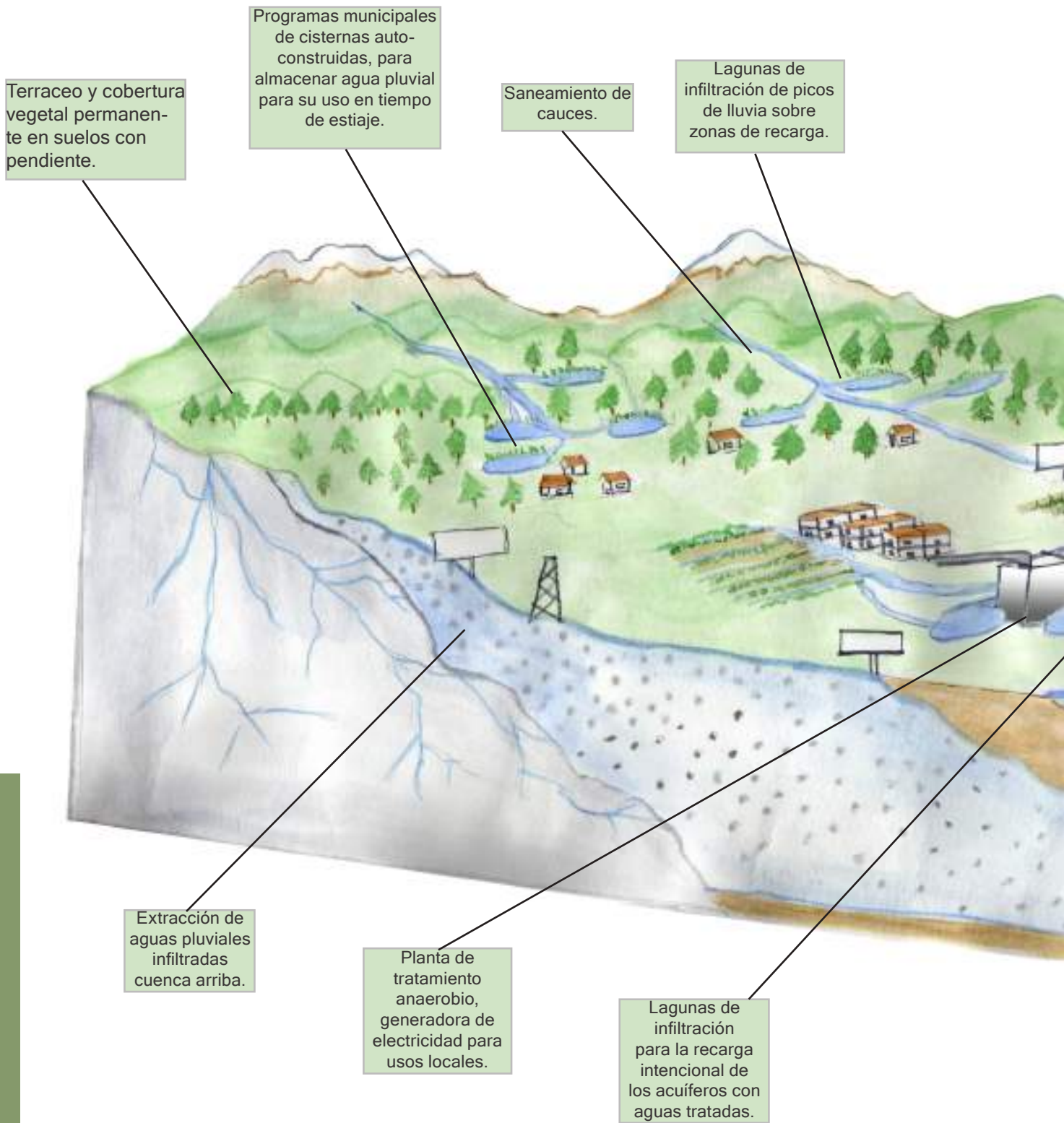
1 El Programa de Saneamiento menciona que esta cantidad no incluye los 600 MDP requeridos para el saneamiento del propio Valle de Mezquital (para no mandar agua limpia a canales con aguas residuales no tratadas) y los 3000 MDP requeridos para instalar infraestructura de riego en el Valle de Mezquital.

2 Programa de Saneamiento, Conagua, 2007.

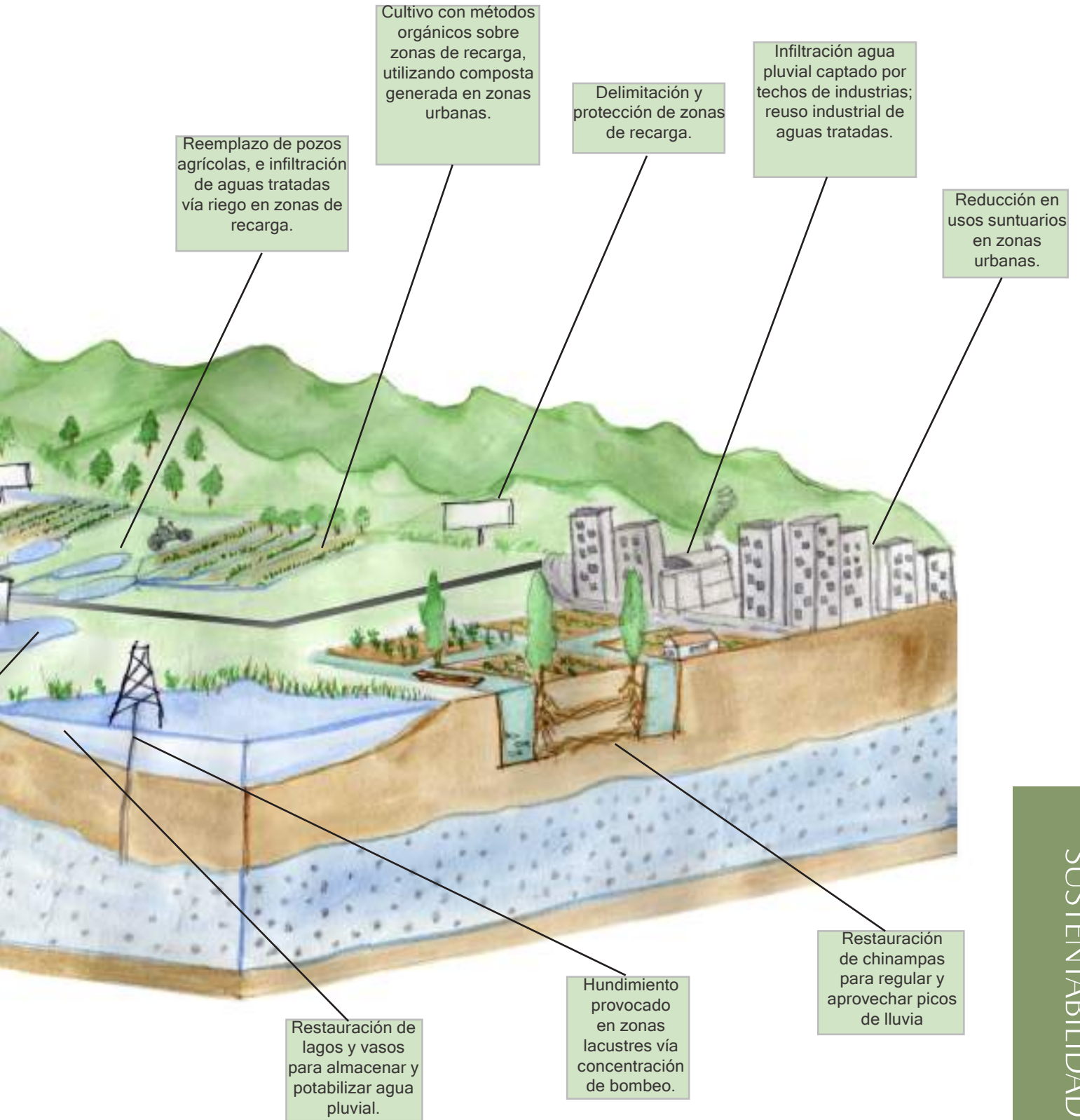
Tabla 4. Paquete de proyectos propuesto para lograr la auto-suficiencia hídrica en la Cuenca de México

Las estimaciones de costos aquí presentadas representan primeros ejercicios, basados en obras similares. Sólo sirven como estimaciones del orden de magnitud, mientras que se realicen estudios para lograr mayor precisión.

Obra	M3/s agua	Inversión MDP	Op y mtto/ Año	Fuente propuesta
1. Almacenamiento y potabilización de aguas pluviales: Vaso Zumpango, Lago Xico, San Gregorio	11.8	12,000	515	Fideicomiso 1928
2. Potabilización: Presas Guadalupe y Madín	2.5	637	128	Fideicomiso 1928 (P. Guadalupe); Fondo Metropolitano, Org. de Cuenca (P. Madín)
3. Lagunas de infiltración de agua pluvial	5.4	800	112	Fideicomiso 1928
4. Expansión de zona lacustre de Texcoco; Recuperación de chinampas de Tláhuac-Xochimilco	0	4,000	0	Fideicomiso 1928. Gobierno del Estado de México (Texcoco); Gobierno del D.F. (Tláhuac-Xochimilco)
5. PTARs (14, de 2-4 m3/s cada una); 37 m3/s en total	11.6	9120	772	Fideicomiso 1928 y Fondo Metropolitano, dedicando 1000-3000 MDP al año, a la construcción modular
5.1. Lagunas de infiltración, para 7.5 m3/s aguas tratadas	0	560	6	Fideicomiso 1928.
5.2. Gasoeléctricas para aprovechar biogás de 38 m3/s tratadas	0	6725	467	Fideicomiso 1928, Fondo Metropolitano para primeras plantas, cuyos ingresos ayudarán a financiar las demás plantas.
5.3. Rehabilitación de PTARs en desuso: 2 m3/s	1	120	14	Rehabilitación: Fideicomiso 1928; Op y Mtto.: Organismos operadores
5.4. Infraestructura p/nuevas zonas de riego, 5.4 m3/s	0	540	0	Conagua.
6. Prevención de fugas	8.0	1200	1200	CAEM, SACM, Fideicomiso 1928, Fondo Metropolitano
Total	40.3	35,702	3214	



SUSTENTABILIDAD



DESCRIPCIÓN DE OBRAS PROPUESTAS, CON COSTOS Y BENEFICIOS

A continuación, se presentan breves descripciones de la obra civil requerida para cada proyecto presentado en la propuesta alternativa, con una estimación de su costo (se indica con un asterisco, cuando no se cuenta con la información requerida para la estimación), y un resumen de los beneficios esperados.

1. Almacenamiento y potabilización de aguas pluviales

Proyecto	Obras y costos	Beneficios
Vaso Zumpango 18 km ² , 6 metros profundidad	Recuperación de aprox. 11 km bordes, para expandir capacidad de 40 Mm ³ actuales, a 100 Mm ³ . PTAR 2 ^a y 3 ^a : 2208 MDP; Potabilizadora 1094 MDP. Se requiere del saneamiento de zonas de captación.	Provisión de 5.0 m ³ /s de agua potable; regulación de picos de lluvia; riego; usos recreativos, piscicultura, rescate de concesiones en exceso al agua disponible, infiltración.
Lago de Xico, Chalco 13.25 km ² , 6 metros profundidad	Formación de 14.5 km bordes;* tanques de sedimentación en las entradas al lago; PTAR/Potabilizadora: aprox. 1200 MDP. Se requiere del saneamiento de zona de captación.	Provisión de 5.3 m ³ /s de agua potable; regulación de picos de lluvia, prevención de grietas y hundimiento en la zona sur de la cuenca, prevención de expansión urbana sobre zonas inundables; prevención de expansión del lago sobre zonas urbanas; usos recreativos.
Lago San Gregorio, Xochimilco 6 km ² x 4 m profundidad; capacidad de almacenamiento: 25 Mm ³	Formación de aprox. 8 km bordes;* cajas de sedimentación en las entradas al lago; hundimiento provocado vía bombeo. PTAR/potabilizadora: Potabilizadora: 400 MDP saneamiento de cauces tributarios.	Provisión de 1.2 m ³ /s agua potable; frenar urbanización en una zona con escasez de agua y hundimiento, recreación, piscicultura

2. Potabilización Presas Guadalupe y Madín

Proyecto	Obras y costos	Beneficios
Potabilizadora de Presa Guadalupe	Se instalaría la capacidad de potabilizar 2.5 m ³ /s, 595 MDP	Provisión de 2.5 m ³ /s de agua potable. Permitirá la clausura de pozos y rescate de concesiones de uso público-doméstico, para aliviar el Acuífero Cuatitlán-Texcoco.
Ampliación de potabilizadora de Presa Madín	Se expandiría la capacidad actual de 0.5 m ³ /s a 0.1 m ³ /s., 110 MDP	Provisión de 1.0 m ³ /s de agua potable. Permitirá clausura de pozos y rescate de concesiones de uso público-doméstico, para aliviar el Acuífero Cuatitlán-Pachuca.

3. Lagunas de infiltración para agua pluvial

Proyecto	Obras y costos	Beneficios
Lagunas para infiltración de picos de lluvia captadas cuenca arriba de zonas urbanas, 280 hectáreas	Para infiltración de picos de lluvia arriba de zonas urbanas: Aproximadamente la mitad de las lagunas serían alimentadas por agua bajando de las sierras que rodean la zona urbana. Estas lagunas serían formadas con bordes temporales, a través de acuerdos con agricultores con parcelas en las zonas riberas. El agua sería canalizada por compuertas sobre cauces. 80 MDP.	Recarga intencional de 85 Mm ³ /año (2.7 m ³ /s) Prevención de inundaciones. Ahorro del costo y riesgo del desalojo vía bombeo de aguas pluviales. Representa la manera más económica para lograr la recarga intencional. Enriquecimiento de tierras agrícolas. Prevención de urbanización de las zonas de recarga.
Lagunas para infiltración de aguas pluviales captadas sobre zona urbana, 280 hectáreas	Para infiltración de picos de lluvia captadas en zonas urbanas: Se formarían un sistema extensivo de lagunas permanentes, vía excavación y/o bordes, sobre las franjas de recarga en la periferia urbana. Se adaptarían los sistemas urbanos de drenaje de aguas pluviales (Emisor Poniente, Canal Nacional, Gran Canal, etc.) para que se depositaran aguas pluviales en estas lagunas. Contarían con cárcamos de recepción y sedimentación, y, mientras avanza el saneamiento, plantas de tratamiento primario, y, en su caso, secundaria. 720 MDP. Se requiere del saneamiento de zonas de captación. (costo por estimar)	Recarga intencional de 85 Mm ³ /año (2.7 m ³ /s) Prevención de inundaciones. Ahorro de gran parte del costo y riesgo del desalojo vía bombeo de aguas pluviales.

4. Recuperación de chinampas; expansión de zonas lacustres ecológicas

Proyecto	Obras y costos	Beneficios
Recuperación de chinampas, 4180 has.	Dragado, desazolve y limpieza de canales, retiro de maleza, rehabilitación de chinampas hundidas, 1027 has. en Xochimilco; 2623 has. en Mixquic; 530 has. en Tláhuac. 2.000 MDP	Regulación de picos de lluvia. Producción de alimentos. Desarrollo rural. Creación de empleo. Rescate cultural. Recreación.
Expansión de zona lacustre ecológica de Texcoco	Creación de nuevos lagos a través de hundimiento provocado, 2.000 MDP	Regulación de picos de lluvia. Rescate de vida acuática originaria de la cuenca. Recreación.

5. Tratamiento, aprovechamiento y recarga de aguas residuales

Componente	Obras y costos	Beneficios
Construcción de nuevas PTAR anaerobias, gasto de 38 m3/s	Plantas para el tratamiento anaerobio, las cuales ocupan menos superficie que PTAR aerobias, por consistir principalmente en tanques esbeltos y profundos, los cuales pueden ser subterráneos, 4.650 MDP. No incluye adquisición de terrenos requeridos, los cuales podrían ser negociados con ejidos que serían beneficiarios de las aguas tratadas. (El Ejido de Mixquic ya ofrece terreno.)	Recuperación de agua para riego (23.5 m3/s) y para recarga de los acuíferos (11.6 m3/s total); el empleo de técnicas anaerobias generará 6.4 más biogas, y 70% menos lodos; recuperación de biomasa para generación de electricidad (342 MW); venta de bonos de carbono (ingreso potencial: 1536 MDP anuales); producción de lodos estabilizados para mejoramiento de suelos; permitirá la clausura y rescate de concesiones para 12.6 m3/s de agua subterránea para usos agrícolas; permitirá tratamiento de 5.5 m3/s aguas residuales actualmente utilizadas para riego; generará 5.4 m3/s para nuevas zonas de riego.
Rehabilitación de PTARs en desuso, gasto de 2 m3/s	Adaptación de tanques existentes de PTAR aerobias de unidades habitacionales, para permitir pre-tratamiento anaerobio, 120 MDP (Basado en diseño técnico para 6 PTARs realizado por Monroy, O., para actual estudio)	Reducción en costos de operación y mantenimiento para permitir que sean financiables por organismos operadores locales; aprovechamiento de infraestructura existente; permite recarga cerca de pozos ubicados en áreas de severa escasez; existe posibilidad de "canjear" agua tratada e infiltrada por pago de agua extraída en bloque; fomentaría riego en zonas bajo fuerte presión urbana
Lagunas de infiltración, 280 has.	Cada una de las 14 PTAR contaría con cinco lagos, de 2 has. x 1 m profundidad cada una. Cada PTAR tendría que tener acceso a un tractor y arado, para romper posibles depósitos impermeables en los fondos de los lagos, cuando se secan para mantenimiento.	Infiltración de 6.8 m3/s (90% de los 7.5 m3/s recargados) en zonas de recarga, cerca de zonas de pozos actuales ó potenciales.
Gasoelectricas, 342 MW	Se construirían gasoelectricas (por PTAR, ó por subregión), para aprovechar el biogas generado por el tratamiento de 40 m3/s, a un costo de 7079 MDP.	Generación de 342 megawatts de energía eléctrica en base a fuentes sustentables; primeras gasoelectricas financiarían construcción de las demás, y luego cubrirían costo de operación y mantenimiento de PTARs
Infraestructura para nuevas zonas de riego, gasto 5.4 m3/s	Conversión de 13,500 has. de temporal en Unidades de Riego (2500 has. por m3/s), a través de la instalación de líneas primarias y plantas de bombeo, 540 MDP	Infiltración de 1.4 m3/s al acuífero; producción agrícola; conservación de usos agrícolas en tierras bajo presión urbana.

6. Prevención de fugas

Proyecto	Obras y costos	Beneficios
Prevención de fugas, 8 m3/s	Sectorización, instalación de tubería flexible en zonas de hundimientos diferenciales, 1.200 MDP	Potencial para disminuir la sobreexplotación de los acuíferos en 8 m3/s (si es acompañada por clausura de pozos, reducción en asignaciones).