



Resumen ejecutivo

Estrategia de **seguridad hídrica** para los municipios de la **Mancomunidad Gran Ciudad del Sur**, compatible con una explotación sostenible del **acuífero** del Valle de la **Ciudad de Guatemala**



Índice

1. Antecedentes.....	5
2. Recopilación documental, trabajos previos de referencia y cartografía base.....	6
3. Situación actual del sistema de abastecimiento.....	10
4. Situación de los recursos hídricos en el acuífero del Valle de Guatemala.....	14
5. Estrategia de seguridad hídrica para el área metropolitana de Guatemala.....	18
5.1. Planteamiento general.....	18
5.2. Principios e hipótesis de la estrategia planteada.....	20
5.2.1. Componente I. Aguas subterráneas.....	20
5.2.2. Componente II.- Aguas superficiales.....	21
5.2.3. Componente III.-Aguas no contabilizadas.....	30
6. Presupuesto total de la infraestructura correspondiente al desarrollo del Componente II. Aguas superficiales.....	31
7. Conclusiones del estudio.....	33
8. Esquema resumen de la estrategia de seguridad hídrica planteada.....	35

Índice de figuras

Figura 1. Proyectos para la obtención de nuevos recursos superficiales. Fuente PLAMABAG 1982	8
Figura 2. Proyectos para la obtención de nuevos recursos superficiales de mayor interés. Fuente Actualización PLAMABAG 1999	9
Figura 3. Mancomunidad Gran Ciudad del Sur. Departamento de Guatemala. Fuente: IGN, INE	11
Figura 4. Evolución de la oferta y demanda del área metropolitana de Guatemala. Fuente: Tragsatec.	12

Figura 5. Acuífero del Valle de la Ciudad de Guatemala. Fuente: Tragsatec	16
Figura 6. Mapa de isodescensos de los niveles piezométricos estáticos para el periodo 2000-2018. Fuente: Tragsatec	17
Figura 7. Planteamiento original del Proyecto Noroccidental (1985). Fuente: Tragsatec.....	23
Figura 8. Planteamiento de la opción 2 del Proyecto Noroccidental mediante túneles (16 + 5 ud.) y la segregación del Pixcayá. Fuente: Tragsatec.....	24
Figura 9. Perfil del planteamiento de la opción 2 del Proyecto Noroccidental mediante túneles (16 + 5 ud). Tramo Aguas Arriba del embalse. Fuente: Tragsatec.....	25
Figura 10. Perfil del planteamiento de la opción 1 y 2 del P. Noroccidental. Tramo AA. Abajo embalse. (5 túneles y 2 tramos a cielo abierto inicial y final). Fuente: Tragsatec.....	26
Figura 11. Sección tipo de presa. Fuente: Tragsatec.....	27
Figura 12. Representación del dique y embalse seleccionado. Fuente: Tragsatec.....	27
Figura 13. Planteamiento y enfoque general de la estrategia de seguridad hídrica. Fuente: Tragsatec.....	36

Índice de tablas

Tabla 1. Sistemas de distribución de agua potable para la RMG (2014)	13
Tabla 2. Recursos aprovechables en la nueva estrategia de aguas superficiales. Fuente: Tragsatec	29
Tabla 3. Esquema del balance hídrico I realizado en la zona piloto (ZH12). Fuente: Tragsatec	31
Tabla 4. Resumen del presupuesto total de la infraestructura correspondiente al desarrollo del Componente II. Aguas superficiales. Fuente: Tragsatec.....	32

Acrónimos

AECID	Agencia Española de Cooperación Internacional y para el Desarrollo
AMG	Área Metropolitana de Guatemala
AMSA	Autoridad para el manejo sustentable de la cuenca y del lago de Amatitlán
ANC	Agua No Contabilizada
BID	Banco Interamericano de Desarrollo
CEUR	Centro de Estudios Urbanos y Regionales
DEM	Modelo de Elevación Digital
DMA	Directiva Marco del Agua
EMPAGUA	Empresa Municipal de Agua
FCAS	Fondo de Cooperación de Agua y Saneamiento
FUNCAGUA	Fundación para la Conservación del Agua en el Región Metropolitana de Guatemala
FUNDESA	Fundación para el Desarrollo de Guatemala
IANC	Índice de Agua No Contabilizada
IARNA	Instituto de Agricultura, Recursos Naturales y Ambiente
ICC	Instituto Privado de Investigación sobre Cambio Climático
IGME-CSIC	Instituto Geológico y Minero de España-Consejo Superior de Investigaciones Científicas
IGN	Instituto Geográfico Nacional
INE	Instituto Nacional de Estadística
INDE	Instituto Nacional de Electrificación
INFOM	Instituto de Fomento Municipal
INSIVUMEH	Instituto Nacional De Sismología, Vulcanología, Meteorología e Hidrología
MAGA	Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación
MARN	Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales
MEM	Ministerio de Energía y Minas
MGCS	Mancomunidad Gran Ciudad del Sur
MINFIN	Ministerio de Finanzas Públicas
PLAMABAG	Plan Maestro de Abastecimiento de Guatemala
PRANC	Plan de Reducción de Agua No Contabilizada
PROSEHIGUA	Programa de Seguridad Hídrica de la Región Metropolitana de Guatemala y sus áreas de influencia
RANC	Reducción de Agua No Contabilizada
RMG	Región Metropolitana de Guatemala
SASCIM	Sistema de Agua San Cristóbal Intervención Municipal
TNC	The Nature Conservancy
TRAGSA	Empresa de Transformación Agraria
UICN	Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza
URL	Universidad Rafael Landívar
USAC	Universidad San Carlos de Guatemala
UVG	Universidad del Valle de Guatemala
WEI	Water Exploitation Index

1

Antecedentes

El presente estudio, ejecutado por Tragsatec, bajo la supervisión del IGME-CSIC, está incluido en el Programa GTM-016E-B, del Fondo de Cooperación en Agua y Saneamiento (FCAS), administrado por la oficina del FCAS de la Dirección de Cooperación con América Latina y el Caribe, de la Agencia Española de Cooperación Internacional para el Desarrollo (AECID).

Este programa incluye, entre otros, el desarrollo de las “Bases técnicas para el establecimiento de una estrategia de Seguridad Hídrica para las Municipalidades de la Mancomunidad Gran Ciudad del Sur (MGCS), compatible con una explotación sostenible del acuífero”, el cual, en términos generales, se centra en la búsqueda de una solución integrada de diseño, optimización de infraestructuras, reducción de agua no contabilizada (ANC) y gestión de recursos hídricos de carácter mixto, aguas superficiales y subterráneas, que satisfaga la demanda de agua del Área Metropolitana de Guatemala (AMG), desde la óptica de la seguridad hídrica, entendiendo como tal, la disponibilidad de agua en cantidad y calidad aceptable para la salud, satisfacción de necesidades, ecosistemas y producción, asociada con un aceptable nivel de riesgo hídrico para las personas, el ambiente y la economía (Grey y Sadoff, 2007).

El objetivo de este estudio es ofrecer, a la administración, entidades y organismos responsables, una estrategia suficientemente respaldada y sostenida en argumentos sólidos para la toma de decisiones, y, en caso de considerarse factible y de “interés nacional”, proceder a su estudio pormenorizado para su validación y futura ejecución.

El suministro a la Ciudad de Guatemala y a los municipios de la MGCS es mixto, mediante el transvase Xayá - Pixcayá, y otros pequeños aprovechamientos de aguas superficiales, y el acuífero del Valle de Ciudad de Guatemala. Durante los años 70 del siglo XX, el porcentaje de uso municipal entre ambos recursos fue del 50%, pero en las últimas décadas este uso mixto se ha descompensado, siendo para Ciudad de Guatemala de un 40% de aguas superficiales y un 60% de aguas subterráneas. Para el total de la MGCS, el conjunto de municipios que ocupan el Valle de Ciudad de Guatemala, es de un 78% de aguas subterráneas y un 22% de aguas superficiales, según cálculos propios.

Este modelo mixto se ha visto seriamente comprometido durante los últimos años. Los recursos superficiales se reducen notablemente en los periodos secos y su calidad se va degradando por el incremento constante de las presiones antrópicas en las cuencas drenantes, incluso ocasionando la necesidad de dejar fuera de servicio algún sistema, como es el caso del sistema denominado La Brigada.

Unido a esto, el sobreuso de las aguas del acuífero, para compensar el déficit de las aguas superficiales, genera volúmenes de vaciado de notable magnitud, lo que representa importantes riesgos para la garantía del suministro e importantes gastos derivados de la reperforación de los pozos y la elevación del agua desde cotas inferiores. Todo ello en un entorno de falta de regulación y control sobre el recurso.

2

Recopilación documental, trabajos previos de referencia y cartografía base

En octubre de 2019 se abre la oficina de Tragsatec en Guatemala, dentro de instalaciones de la Empresa Municipal de Agua (EMPAGUA), para albergar al proyecto “Estrategia de Seguridad Hídrica para los Municipios de la Mancomunidad Gran Ciudad del Sur, compatible con una explotación sostenible del acuífero del Valle de la Ciudad de Guatemala”.

Esta fecha se puede considerar el punto de partida para las actividades de la fase de recopilación documental. Se debe poner en valor esta actuación ya que sacó a la luz documentos de gran importancia, relativos a la gestión hídrica en la Región Metropolitana que se encontraban olvidados en formato papel, quedando limitada su consulta y difusión.

La principal fuente de información para la redacción del estudio fue el propio Archivo Técnico de EMPAGUA (ATE), utilizado para la recopilación y revisión de toda la información relacionada con los tres componentes del programa, **aguas subterráneas, aguas superficiales y aguas no contabilizadas**:

6

Aguas subterráneas

Se encontró abundante información, tanto de estudios previos hidrogeológicos, como de las instalaciones, proyectos y construcción de pozos que abastecen a la ciudad (tanto de Ojo de Agua, como de los del resto de la ciudad y los de Emergencia, construidos por la Agencia Japonesa de Cooperación (JICA)).

La cartografía geológica existente, a escala E 1:50.000 de la zona de estudio, y limítrofe es bastante fragmentaria, y se encuentra dispersa, pues en buena parte no se llegó a publicar, y la publicada se encuentra agotada y disponible solo en papel o en imágenes electrónicas, obtenibles de algunos blogs particulares en Internet. Invertiendo un considerable esfuerzo, toda esta información fue reprocesada, digitalizada, ajustada a la nueva altimetría, y reinterpretada hasta generar una nueva cartografía hidrogeológica regional digital, sobre una superficie de 6.500 km².

Aguas superficiales

Se encontró bastante información sobre los antecedentes y el proyecto del trasvase Xayá – Pixcayá (proyecto de pre inversión). Incluso se tuvo acceso a memorias, mapas y planos de estudios en campo y planos constructivos del acueducto, estos últimos estaban incompletos y algunos deteriorados.

También se obtuvo información de las plantas de tratamiento de agua potable y sistemas asociados (tomas de ríos y pozos de apoyo, públicos y privados).

Importante es resaltar que se tuvo acceso a los Planes Maestros para el Abastecimiento a la Ciudad de Guatemala, incluidas las distintas ampliaciones, estudios complementarios y revisiones que han sido una fuente muy importante de información y base para la realización del presente estudio.

Finalmente, se recopilaron también planos, informes y datos históricos de aforos y de calidad de las aguas del acueducto Xayá Pixcayá en la Planta de Lo de Coy. Los más antiguos, que se registraban en papel, fueron escaneados e incorporados a una base de datos para su tratamiento y estudio.

Aguas no contabilizadas

Esta es la parte que se encontraba menos documentada en el archivo, limitándose a un importante estudio realizado por una consultora foránea, Biwater, de los años 2000 al 2005, y que generó numerosos informes a lo largo de esos años.

También se obtuvo información de las redes de conducción y distribución de la ciudad, informes de operación y reparación de redes, monitorización de las mismas con contadores, etc. La cantidad y calidad de la información era muy desigual: aceptable para algunas zonas de la ciudad y prácticamente inexistente para otras.

Otra fuente importante de información fue la Dirección Técnica de la Mancomunidad Gran Ciudad del Sur, compuesta por los municipios de Amatitlán, Guatemala, Mixco, San Miguel de Petapa, Santa Catarina Pinula, Villa Canales y Villa Nueva. La información disponible en la Mancomunidad y los municipios, recopilada y analizada fue: datos pluviométricos, pozos y redes de distribución, análisis de niveles de pozos del año 2018, ubicación de industrias y comercios, alcantarillado sanitario, desfuegos no controlados, plantas de tratamiento, uso predial del territorio, información geográfica, información geológica, modelo digital de elevación, 12 estudios relacionados con la hidrogeología del área, y datos de calidad de las aguas superficiales y subterráneas en la cuenca del lago Amatitlán, de estaciones de aforo y muestreo, y pozos de la MGCS operados por la Autoridad para el Manejo Sustentable de la Cuenca de Lago de Amatitlán (AMSA).

Asimismo, se hizo recopilación de información en los siguientes organismos públicos: Instituto Geográfico Nacional (IGN), Instituto Nacional de Sismología, Vulcanología, Meteorología e Hidrología (INSIVUMEH), Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación (MAGA), Instituto Nacional de Electrificación (INDE), Autoridad para el Manejo Sustentable de la Cuenca de Lago de Amatitlán (AMSA), universidades públicas y privadas de Guatemala: San Carlos de Guatemala, Rafael Landívar y del Valle de Guatemala.

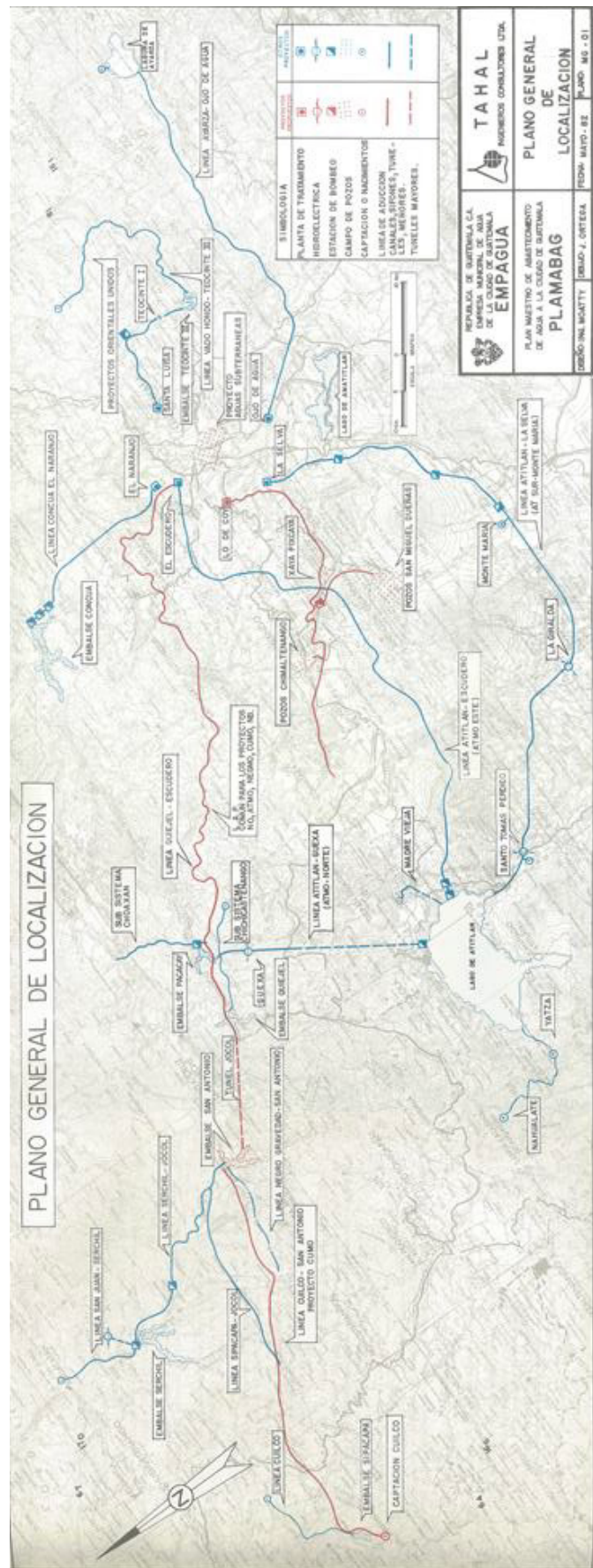
Además, se hicieron visitas y recopilaciones parciales o puntuales de datos e informes de los siguientes ministerios: Ministerio de Energía y Minas (MEM); Ministerio de Comunicaciones, Infraestructura y Vivienda (CIV); Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social (MSPAS); Instituto de Fomento Municipal de Guatemala (INFOM); Oficina de Planificación Urbana de la Municipalidad de Ciudad de Guatemala; departamentos comercial y de facturación de EMPAGUA, y municipalidades de Chimaltenango, La Antigua, San Lucas de Sacatepéquez, Chimaltla, Fraijanes, Palencia, San José Pinula, San Juan Sacatepéquez y San Pedro Ayampuc.

Finalmente, se trabajó con datos e informes facilitados por empresas privadas o semipúblicas de suministro de agua como SASCIM (Sistema de Agua San Cristóbal Intervención Municipal), y con organizaciones relacionadas con la temática de agua como la Fundación para la Conservación del Agua en la Región Metropolitana (FUNCAGUA), The Nature Conservancy (TNC), Instituto Privado de Investigación sobre Cambio Climático (ICC), la Fundación para el Desarrollo de Guatemala (FUNDESA), así como con información y datos facilitados por el Banco Interamericano de Desarrollo (BID) y el Banco Mundial, a través de sus oficinas en Ciudad de Guatemala.

Entre toda la información recopilada, destaca, como punto de partida del conocimiento hidrogeológico moderno del Valle de Ciudad de Guatemala, el “Informe Final del Estudio de aguas subterráneas en el Valle de Ciudad de Guatemala”, realizado en 1978 por el INSIVUMEH, el IGN y la ONU. El estudio tuvo su origen en la presión y problemática que ya suponía el crecimiento del área urbana de Ciudad de Guatemala, sobre los recursos hídricos superficiales y subterráneos, aportando y desarrollando información sobre la geología, hidrología y geofísica del Valle de Ciudad de Guatemala.

Otro documento importante a destacar, por su influencia sobre nuevos aprovechamientos de aguas subterráneas y superficiales, es el “Plan Maestro de Abastecimiento a la Ciudad de Guatemala” (PLAMABAG, 1982), realizado por EMPAGUA y TAHAL CONSULTING ENGINEERS LTD, por parte de la cooperación israelí, así como su actualización de 1999, llevada a cabo por EMPAGUA, con la cooperación del gobierno francés y SOGREAH, empresa de ingeniería de origen francés.

PLAMABAG propuso el desarrollo de recursos de aguas subterráneas en el Valle y en otras áreas por donde discurre el acueducto Xayá Pixcayá, y superficiales en todo el entorno, distinguiendo los siguientes: Medio Motagua, Alto Motagua, Río Negro, Alto Cuilco, Xayá-Pixcayá Complementario, Atitlán, Sur Oriental, Orientales Unidos, Laguna de Ayarza, Nacimiento San Juan, Nacimiento Monte María y Nacimiento Santo Tomás Perdido, y estudiados con mayor detalle en la actualización del PLAMABAG, de 1999, por considerarlos de mayor interés: Noroccidental, Motagua Bombeo, Atitlán Sur Monte María, Laguna de Ayarza, Orientales Unidos y Siglo XXI.



Proyectos para la obtención de nuevos recursos superficiales. Fuente PLAMABAG 1982

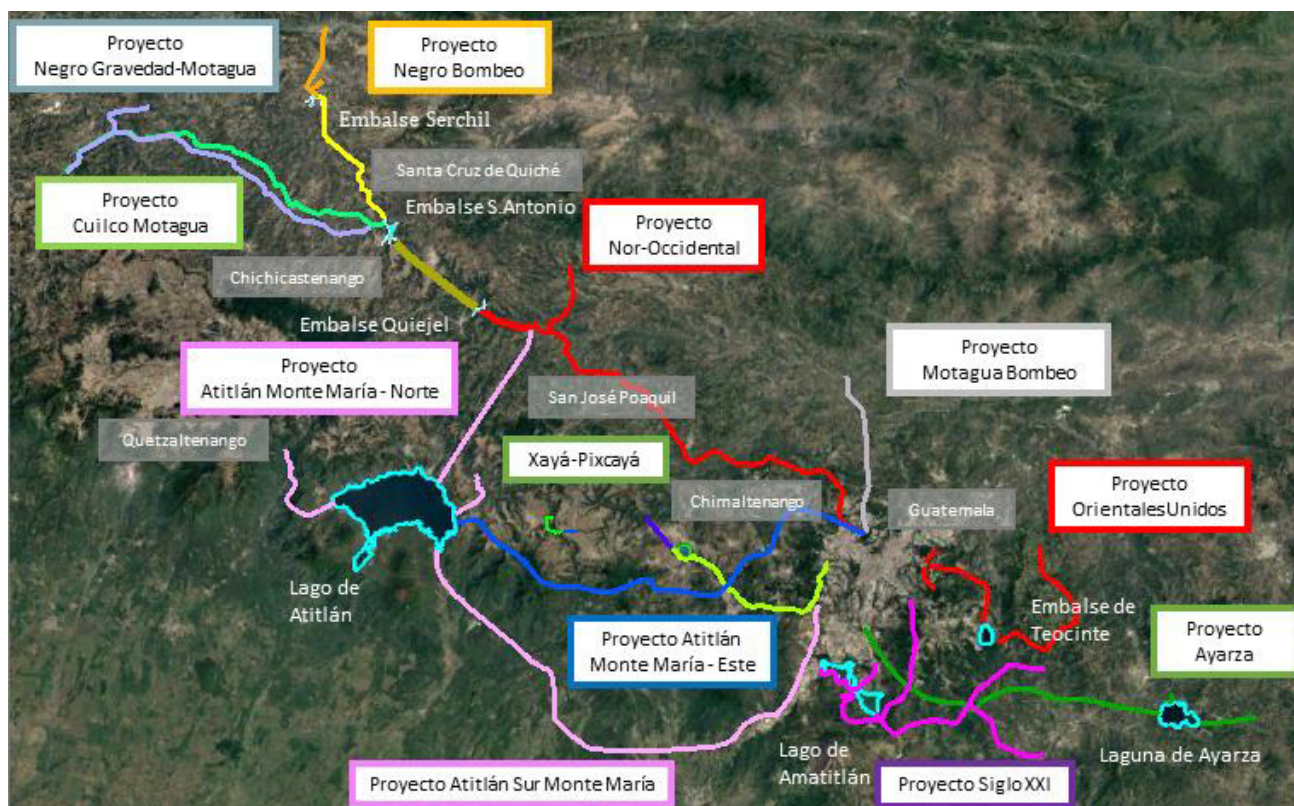


Figura 2

Proyectos para la obtención de nuevos recursos superficiales de mayor interés.
Fuente Actualización PLAMABAG 1999

Para el aprovechamiento de recursos superficiales, el PLAMABAG, entre todas las actuaciones estudiadas, enumeradas anteriormente, tanto en su versión de 1982 como en su actualización de 1999, propuso el denominado Proyecto Noroccidental como la solución óptima.

Esta propuesta analizaba el régimen natural de los ríos en la parte alta del río Motagua, susceptibles de ser captados de forma que se pudiesen definir los recursos de agua que pudieran ser efectivamente movilizados por la línea de conducción del proyecto.

El desarrollo del PLAMABAG 1982 dio lugar al estudio de factibilidad del Proyecto Noroccidental, realizado en el año 1983 por EMPAGUA, mediante encargo a la firma francesa SOGREAH. Estos documentos son el germen de la propuesta recogida en este estudio para el aprovechamiento de nuevos recursos superficiales para el abastecimiento a la MGCS, mediante la actualización del Proyecto Noroccidental.

Por último, no son de menor importancia el Plan Marco 2003 - 2020. “Abastecimiento de agua potable de la Ciudad de Guatemala. PLAMAP 2020. CASAM-EMPAGUA, AÑO 2003 (PLAMAP 2020)”, que tuvo como propósito que EMPAGUA contara con un documento orientador que contuviera la estrategia y programas que definieran las acciones a realizarse durante el período 2003 al 2020 en el abastecimiento de agua potable para la población de la ciudad de Guatemala y su área de influencia metropolitana.

El proyecto para la reducción de agua no contabilizada, Biwater, 2001-2005, cuyos objetivos consistían en revisar la existente estructura y modo de operación de EMPAGUA (Etapa I) y basados en estos resultados, asesorar y recomendar a EMPAGUA cómo podía reducir sus pérdidas físicas y no físicas, y mejorar su servicio comercial; las bases técnicas para la gestión del agua, visión a largo plazo en la zona metropolitana de Guatemala (2013).

En 2013, la Universidad Rafael Landívar junto al Instituto de Agricultura, Recursos Naturales y Ambiente (IARNA) realizaron un estudio cuyo objetivo fue aportar elementos para la estimación de la oferta hidrológica de la zona metropolitana de Guatemala, mediante la modelación hidrológica (modelo Water Evaluation Planning (WEAP)), a nivel de las subcuencas vinculadas actualmente al abastecimiento de agua en esta zona, las cuales son principalmente las subcuencas del trasvase Xayá - Pixcayá (TXP) y las de la Región Metropolitana de Guatemala (RMG) y la Gran Mancomunidad del Sur (GMS).

Además del plan de conservación del agua (2018), herramienta principal para enfocar las actividades de la Fundación para la Conservación del Agua en la Región Metropolitana de Guatemala (FUNCAGUA), y maximizar su impacto.

La cartografía base, inicialmente seleccionada para desarrollar el estudio, fue el Modelo de Elevación Digital (DEM) gratuito de la zona de estudio de Guatemala. Al comprobar la dificultad del relieve en toda el área de estudio, esta herramienta resultó insuficiente, por lo que se procedió a la adquisición de 8.000 km² del DEM WorldDEM a AIRBUS Space & Defense de 12x12 m.

Con esta altimetría de superficies se han realizado todos los trabajos de fotointerpretación de estructuras y lineamientos geológicos, así como los análisis hidrológicos tanto del Proyecto Noroccidental, como del Valle de Guatemala, e incluso los correspondientes al programa Laguna de Ayarza.

Por otra parte, se recibió del MAGA e IGN una colección de las fotos originales estéreo del proyecto PASCO - FINMAP de 2006. Para su obtención y copia se compró hardware para su almacenaje y, a partir de la misma, se realizó su ortorectificación mediante el levantamiento de 50 puntos de apoyo, en tres fases, con sistema GNSS de apoyo para generar un modelo digital del terreno de 2x2 m, con tres veces más resolución horizontal que el WorldDEM y el doble de resolución vertical. El objetivo de la realización de este DEM es, por una parte, permitir mayor fidelidad para las infraestructuras propuestas en el Componente II, Aguas Superficiales, y por otra, la entrega del producto al IGN de Guatemala.

10

3

Situación actual del sistema de abastecimiento

De acuerdo con los datos recogidos en el recientemente publicado por el Instituto Nacional de Estadística (INE) de Guatemala “XII Censo Nacional de Población y VII de Vivienda 2018”, el departamento de Guatemala arroja una población de 3.015.081 habitantes, de los que 923.392 se encuentran censados en el municipio de Ciudad de Guatemala, que sumada al resto de la denominada Mancomunidad Gran Ciudad del Sur (MGCS), alcanza una cifra total de 2.589.373 habitantes; más del 85% de la población del departamento y de un 17% de la población total censada en el país (14.901.286 hab. según INE 2018), sin tener en cuenta la población flotante.

Esta población no responde a la realidad diaria del área de estudio. La Ciudad de Guatemala y su área metropolitana son el motor económico del país, generando más del 45% del PIB nacional, siendo su centro neurálgico, comercial y de servicios, así como sede del gobierno.

Estas características suponen la existencia de una población flotante y no censada (población marginal, asentamientos ilegales, etc.), beneficiarios indirectos de los distintos servicios que se ofrecen en su área de influencia, que se estima podría llegar a suponer el doble de la población fija (censada) del área de estudio, al menos en los municipios de mayor peso demográfico, como son Ciudad de Guatemala (923.392 hab.), Villa Nueva (433.734 hab.) y Mixco (465.773 hab.).

Teniendo en cuenta dicha población flotante, se alcanza presumiblemente una población final, en el conjunto de los municipios de la MGCS, por encima de los 3,7 millones de personas y de 4,5 millones, en el conjunto de los 17 municipios del departamento de Guatemala, que dan lugar a una demanda de agua en continuo crecimiento.

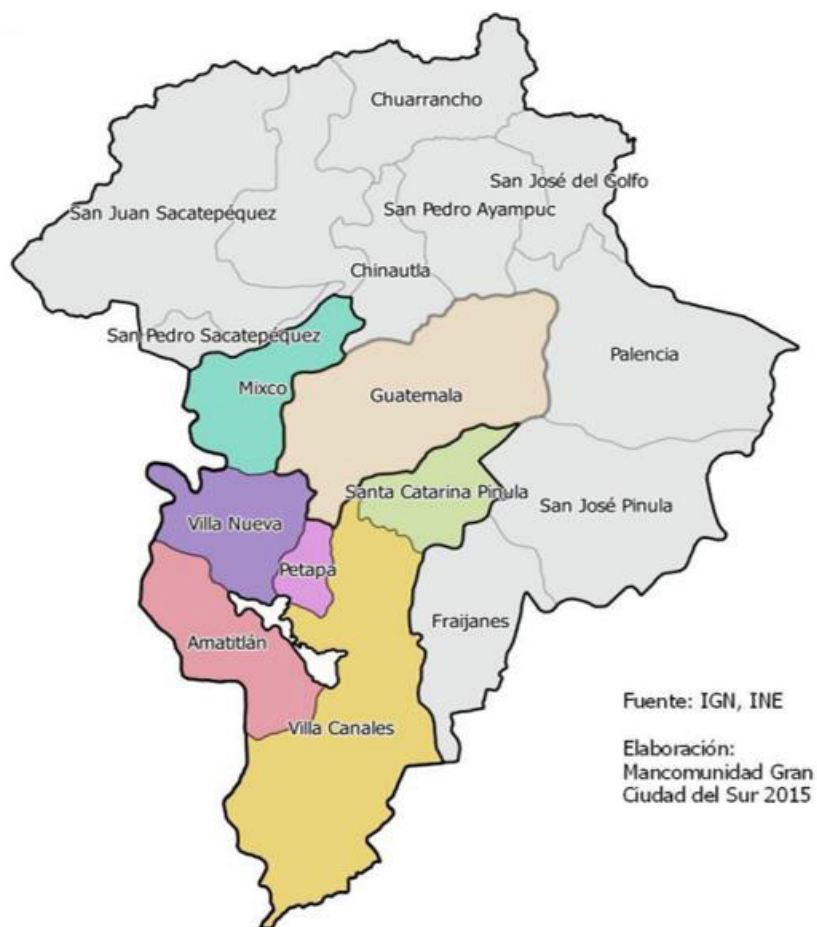


Figura 3 Mancomunidad Gran Ciudad del Sur. Departamento de Guatemala. Fuente: IGN, INE

Inicialmente, la demanda de agua para consumo humano en Ciudad de Guatemala se satisfacía aprovechando los nacimientos y vertientes más cercanas a la ciudad, suministro que se daba tanto por la municipalidad, como por algunas empresas privadas. Posteriormente y debido a la creciente demanda, se recurrió a traer caudales de zonas más lejanas como lo son los ríos Xayá y Pixcayá, ubicados en el departamento de Chimaltenango a unos 50 kilómetros de la ciudad.

Para ello, en los años 1971 - 1988 se construyó el acueducto que lleva el nombre de ambos ríos y que se diseñó para transportar un caudal de 3,0 m³/s. Este acueducto trae el agua desde Chimaltenango hasta la planta de tratamiento de Lo de Coy ubicada en el municipio de Mixco, a cota dominante sobre el conjunto de la ciudad.

Paralelamente a esta situación, y ante el deterioro de las principales vertientes cercanas a la ciudad, de donde se obtenía agua para el consumo doméstico, se recurrió a la perforación de pozos para suplir el déficit que se tenía con el abastecimiento de agua superficial. Se inició la perforación de una serie de pozos en el Valle de la Ciudad de Guatemala, de los cuales se obtuvo el caudal necesario para abastecer la creciente demanda de agua para los millones de habitantes de la ciudad y su área de influencia.

Actualmente, el servicio de agua en la Ciudad de Guatemala está gestionado por EMPAGUA, alcanzando por encima del 85% de la población de dicho municipio, sin contar con los abastecimientos individuales privados.

EMPAGUA, a pesar de que es una empresa dependiente de la propia Ciudad de Guatemala, extiende su servicio a parte de los municipios vecinos de Mixco, Villa Nueva, San Miguel de Petapa, Palencia, San José del Golfo, San Pedro Ayampuc, San José Pinula, Santa Catarina Pinula y Chinautla.

Por otra parte, se encuentra la Empresa de Agua Mariscal (Compañía del Agua del Mariscal), cuyo servicio se aproxima al 5% de la población. El sistema de abastecimiento se complementa con otros servicios, como pozos privados, cisternas y llenado de cántaros, que abastecen a una proporción de la población muy reducida, aproximadamente el 10% restante.

En el resto de municipios del área metropolitana, el abastecimiento lo dirigen los propios gobiernos locales, algunos de los cuales han contratado empresas que suministran dicho servicio, como la propia Agua de Mariscal o EMPAGUA, tal y como se mencionó anteriormente. Por otra parte, existe un gran número de residenciales y compañías privadas de los sectores servicios, industrial y comercial, que se abastecen de agua subterránea a través de sus propios sondeos.

En la actualidad, la oferta promedio de agua, ya sea producida o simplemente gestionada por EMPAGUA, es del orden de los 4,00 m³/s. Sin embargo, la misma es insuficiente para cubrir la demanda actual del área metropolitana de Guatemala, estimándose que para el año 2020, de acuerdo con los datos proporcionados por la propia EMPAGUA, fue de cerca de los 6 m³/s con un déficit cercano a los 1,80m³/s.

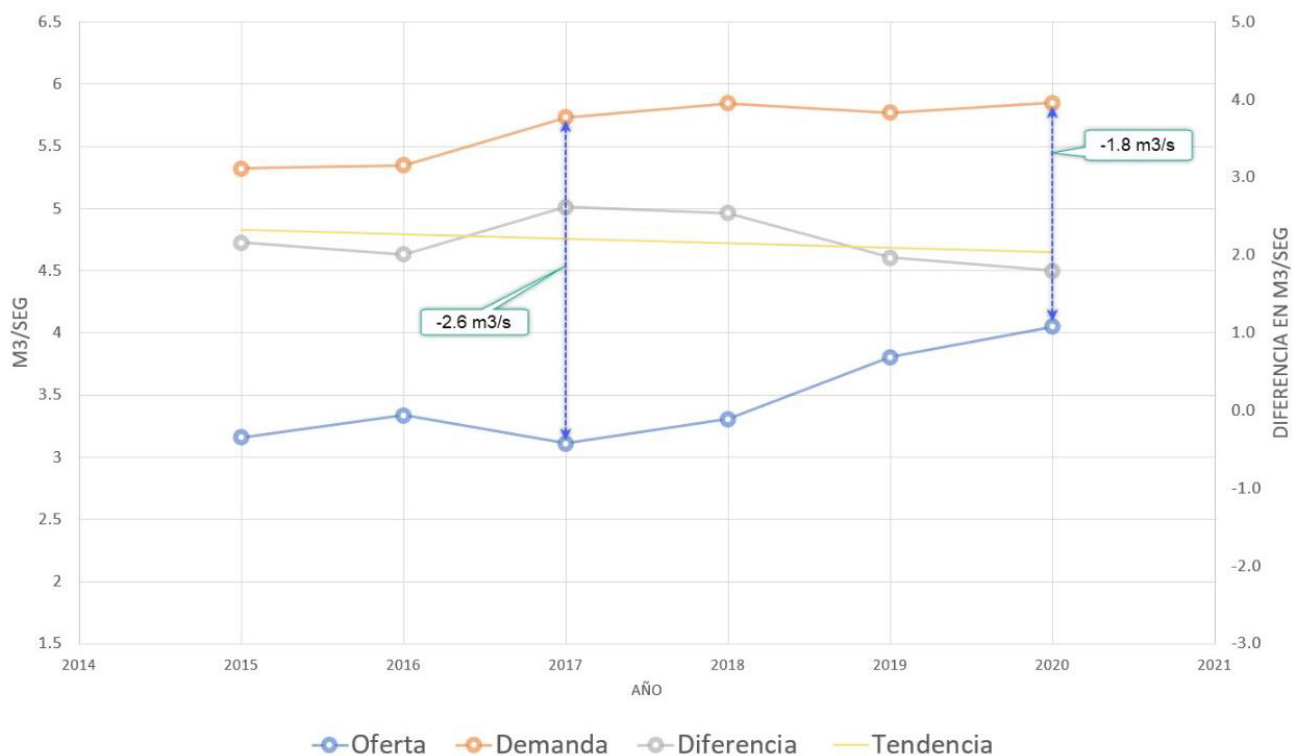


Figura 4 Evolución de la oferta y demanda del área metropolitana de Guatemala. Fuente: Tragsatec.

Dentro de la oferta queda englobado el término correspondiente al Agua no Contabilizada. El sistema de abastecimiento a la Región Metropolitana de Guatemala, tanto en sus instalaciones de captación y tratamiento, como en la red de distribución, está en muchos casos cerca del final de su vida útil. Este operador estima que las pérdidas físicas que se dan por tuberías e infraestructuras en mal estado son de aproximadamente el 18% del agua producida y las pérdidas ocasionadas por conexiones ilícitas y medición incorrecta superan el 27%, lo que significa que sólo se factura el 55% del agua que se produce y, de acuerdo con la información proporcionada por EMPAGUA, se hace efectiva aproximadamente el 93%.

De acuerdo con los datos conocidos, históricamente, el abastecimiento de agua en el área metropolitana de Guatemala se venía repartiendo prácticamente al 50%, entre recursos subterráneos y superficiales. En los últimos años, esta tendencia se ha visto alterada al incrementarse de forma significativa los recursos consumidos de origen subterráneo, alcanzando actualmente un reparto del 58/42%, especialmente en estiaje, de aguas subterráneas y superficiales, respectivamente (EMPAGUA. Balance 2017).

En el caso del abastecimiento a Ciudad de Guatemala, el aprovechamiento de los recursos superficiales se fundamenta en cuatro sistemas vinculados a sus correspondientes cuencas hidrográficas: **Sistema Xayá – Pixcayá - Lo de Coy, Sistema El Cambray, Sistema Santa Luisa y Sistema Atlántico - Las Ilusiones**. Un quinto sistema inicialmente existente, localizado en el municipio de Mixco, el Sistema La Brigada, se encuentra actualmente fuera de operación por problemas de contaminación de sus aguas.

En cuanto al aprovechamiento de aguas subterráneas, se distinguen varios sistemas: sistema de suministro Ojo de Agua, pozos de la ciudad, Sistema Emergencia I, Agua en bloque: Pentagua (ojo de agua), Magdalena del Mar, y otros suministros de agua en bloque.

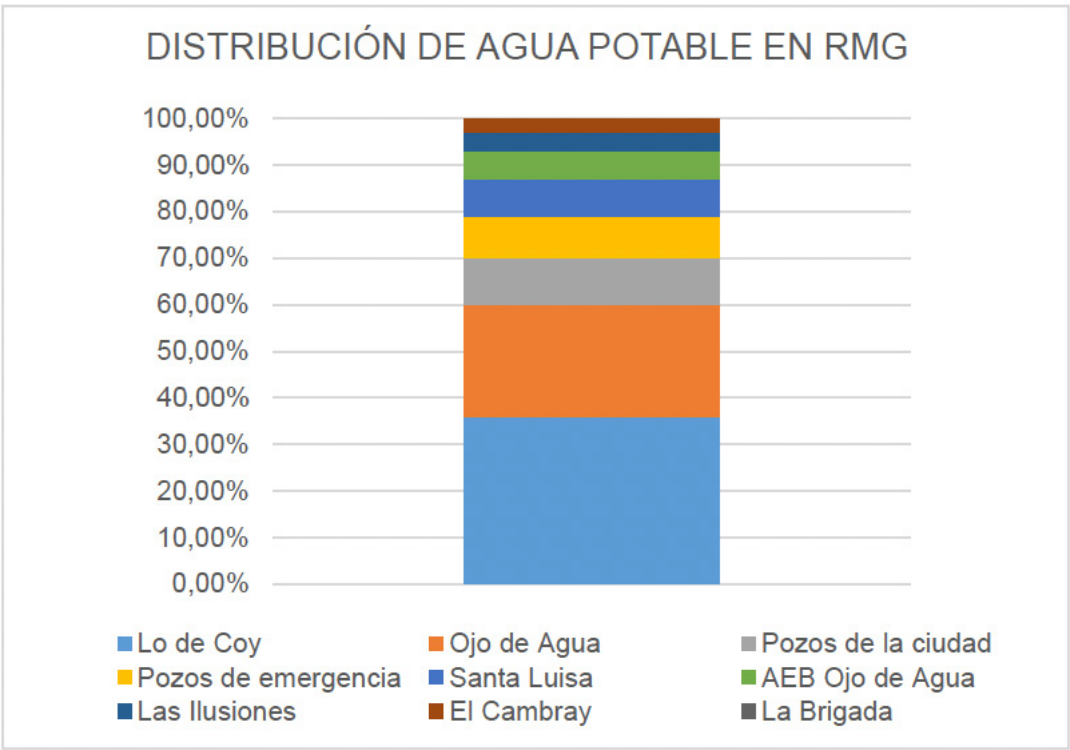


Tabla 1 *Sistemas de distribución de agua potable para la RMG (2014)*

El resto de sistemas de abastecimiento de la Mancomunidad Gran Ciudad del Sur (excluida la municipalidad de Guatemala), Mixco, Villa Nueva, Amatitlán, Villa Canales, Petapa y Santa Catarina Pinula, se fundamentan en la explotación de aguas subterráneas, con un total de seis manantiales y 163 pozos dependientes de las seis municipalidades que la integran junto con Ciudad de Guatemala. En total se está aportando un caudal procedente de los pozos de 1,86 m³/s, que, sumados a los procedentes de los manantiales y pozos de refuerzo, puede alcanzar un caudal total por encima de 2,00 m³/s.

Finalmente, se deben añadir los recursos detraídos del acuífero por los más de 2000 pozos estimados en el valle de Ciudad de Guatemala, entre los cuales, tan solo unos 300, son explotados de forma controlada por distintas empresas u organismos públicos de cada municipio, lo que dificulta la gestión y control de la explotación de los recursos del acuífero. Su cuantificación es compleja, pero su más que previsible gran peso dentro de la explotación de los recursos subterráneos, obliga a establecer una serie de hipótesis, encaminadas a su

ponderación e inclusión en el balance hídrico del acuífero. Las estimaciones realizadas dan como resultado una cifra de aproximadamente 1,55 m³/s que, entendemos, se adecúa a los datos disponibles.

La suma de todas las salidas anteriormente mencionadas da lugar a un caudal medio total de abastecimiento a la MGCS de 7,55 m³/s. Esta cifra difiere de la finalmente utilizada para el desarrollo del balance hídrico del acuífero, por extracciones de aguas de uso doméstico y municipal, ya que no toda la Mancomunidad se abastece del mismo, como es el caso del municipio de Amatitlán. Además, existen otros municipios que, a pesar de que su implicación es poco significativa, sí que lo hacen en parte. Estos son: San Pedro Sacatepéquez, San Juan Sacatepéquez, San Raymundo y Chinautla del departamento de Guatemala y San Bartolomé Milpas Altas, Santa Lucía Milpas Altas y Magdalena Milpas Altas del departamento de Sacatepéquez. La exclusión en el cálculo del municipio de Amatitlán y la incorporación parcial de los municipios externos arrojan una cifra final de 7,94 m³/s.

4

Situación de los recursos hídricos en el acuífero del Valle de Guatemala

14

La capacidad de producción y distribución de agua del sistema de abastecimiento del área metropolitana de Guatemala se ve continuamente rebasada ante el acelerado crecimiento de la demanda de la población y sectores económicos asociados, exigiendo un incremento continuo en la necesidad de oferta, que contribuye a la idea extensamente recogida en la documentación técnica de la sobreexplotación del acuífero del Valle de la Ciudad de Guatemala, entendiendo el concepto de sobreexplotación como el régimen en el que una vez establecidos unos niveles de referencia en el acuífero, de acuerdo con la planificación correspondiente, la detracción no controlada de un volumen superior al que aporta su recarga natural promedio, y en su caso artificial, produce reiteradamente y con periodicidad anual, el descenso de los niveles previamente asumidos en la planificación.

A los problemas de sobreexplotación debemos añadir algunos problemas de deterioro de la calidad química de sus aguas, debido a contaminación geogénica y contaminación antropogénica, problemas que, sin estar perfectamente precisados, son ya perceptibles. Las aguas subterráneas son vulnerables y su calidad natural puede verse alterada por fenómenos de contaminación de origen humano: vertido de aguas residuales e industriales sin su adecuado tratamiento; zonas de elevada productividad agrícola, con la aplicación y consiguiente posible infiltración de nitratos y otros abonos muy solubles usados en la agricultura; vertidos contaminantes provenientes de la actividad industrial; percolación de lixiviados y contaminación por vertido incontrolado de residuos sólidos urbanos; etc. La propia calidad natural de las aguas subterráneas en la región, que, si bien se considera de excelente calidad, presenta problemáticas específicas de contaminación geogénica por arsénico, flúor, hierro, manganeso y la temperatura, que deben resolverse tecnológicamente para poder servirla.

Las razones del deterioro de los estados cuantitativo y cualitativo del acuífero están identificadas y ampliamente recogidas en la documentación técnica proporcionada por distintos organismos y entidades como la propia Empresa Municipal de Agua (EMPAGUA), Fundación para la Conservación del Agua en la Región Metropolitana de Guatemala (FUNCAGUA), Instituto Nacional de Sismología, Vulcanología, Meteorología e Hidrología (INSIVUMEH), Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación (MAGA), Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales (MARN), Instituto de Agricultura, Recursos Naturales y Ambiente (IARNA), Universidad Rafael Landívar (URL), The Nature Conservancy (TNC), Banco Interamericano de Desarrollo (BID), Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN), Centro de Estudios Urbanos y Regionales (CEUR) de la Universidad de San Carlos de Guatemala (USAC), Autoridad para el manejo sustentable de la cuenca y del lago de Amatitlán

(AMSA), Instituto Privado de Investigación sobre Cambio Climático (ICC), Universidad del Valle de Guatemala (UVG), etc., destacándose como las más importantes, las razones que se incluyen a continuación:

1

Ausencia de una legislación para gestionar los recursos hídricos (Ley del Agua). A día de hoy, no existe legislación ni reglamentación relacionada con la extracción de agua a nivel nacional, y menos aún a nivel de la zona metropolitana, que limiten y ordenen el manejo y explotación del recurso hídrico. Esta debilidad se agudiza debido a la inexistencia de un registro de pozos y usuarios privados existentes en el departamento de Guatemala.

2

Ausencia de una ley de ordenamiento y planificación territorial, que da lugar a un crecimiento desordenado de la población y a una escasa planificación dirigida a la recarga hídrica del acuífero, debido a la impermeabilización de los suelos (áreas verdes, dispositivos específicos de infiltración, etc.), complementado con la falta de una política de protección de las masas forestales existentes, que está facilitando su deterioro y desaparición, reduciendo, del mismo modo, la capacidad de recarga hídrica, incrementando la erosión y el régimen torrencial de los cursos fluviales.

3

La antropización de las distintas cuencas del área de estudio, que da lugar a una alta contaminación de las aguas superficiales generadas, sumado a la falta de planes dirigidos al adecuado tratamiento de las mismas. En la actualidad, se están implementando planes de saneamiento y depuración de aguas en el área metropolitana.

4

El pago de los usuarios del agua es insuficiente en relación al costo del recurso que, unido a las pérdidas físicas de la red, estimadas en un 18%, y las ocasionadas por conexiones ilícitas y medición incorrecta, presumiblemente por encima del 27%, dan lugar a que sólo se facture el 55% del agua, y la que realmente se hace efectiva, alrededor del 93% de la facturada, no cubre los costos de operación y funcionamiento de una potencial Gestión Integrada de los Recursos Hídricos que abastecen al Área Metropolitana de Guatemala.

5

Falta de conciencia de la población en general sobre la fragilidad del recurso.

15

De los distintos foros de expertos que han analizado el tema y de los estudios propios que se están desarrollando actualmente en el ámbito del presente programa, se ha podido extraer como primera conclusión que la estrategia de manejo de los recursos hídricos de la zona metropolitana de Guatemala es insostenible a medio - largo plazo.

El acuífero del Valle presenta evidencias de estar explotándose por encima de su tasa de recarga media desde hace ya varias décadas, observándose un importante descenso de sus niveles, así como un aparente incremento en sus niveles de contaminación, aunque al no existir datos históricos de caracterización química, no se puede aseverar este punto.

El Instituto de Agricultura, Recursos Naturales y Ambiente (IARNA), instancia académica creada por la Universidad Rafael Landívar (URL), junto a The Nature Conservancy (TNC), en su estudio publicado en 2013 “Bases técnicas para la gestión del agua con visión de largo plazo en la zona metropolitana de Guatemala” recoge que los acuíferos de los que se abastece el Área Metropolitana de Guatemala presentan un déficit promedio anual de 362,5 millones de metros cúbicos.

La explotación promedio es de 502,3 millones de metros cúbicos, mientras que la recarga natural disponible, en el perímetro del mismo actualmente considerado, es de 139,8 (IARNA-URL y TNC, 2012). En resumen, se extrae de media 3,59 veces más agua de la que se recarga en promedio en el mismo perímetro, siendo esta situación aún más preocupante en determinadas microcuencas como la de Las Vacas, donde este valor alcanza la cifra de 40,10, o la de Villalobos con 11,30.

Dentro de los estudios desarrollados se ha tratado de determinar y comprobar por qué el ritmo de descenso del acuífero no ha sido todavía más acelerado de lo que el balance indica, llegándose a la conclusión de que es debido principalmente a la existencia de una recarga subterránea inducida desde cuencas hidrográficas limítrofes, a la del propio acuífero. En todo caso, un acuífero de este tipo no puede contener volúmenes de almacenamiento muy elevados y con una extracción intensiva, como la que se da. Se vaciará rápidamente, pero se recargará de la misma forma en las épocas lluviosas.

El acuífero del Valle de la Ciudad de Guatemala es un acuífero bastante reducido para la escala de extracciones que soporta. Sostener el actual nivel de extracciones de forma descontrolada puede llevar, en periodos secos, a su colapso temporal, entendiendo por colapso que muchas de sus captaciones dejen de ser explotables e incluso, en un caso extremo, a que se invierta el flujo del lago Amatitlán, pasando de ser un área de descarga a serlo de recarga.

En definitiva, con el sistema de explotación actual, la evolución del acuífero va a depender fuertemente de las condiciones climáticas y podría llegar a colapsar en un periodo seco prolongado y, según estudios sobre modelos climáticos a futuro, el área del Valle tiende a un clima mucho más árido.

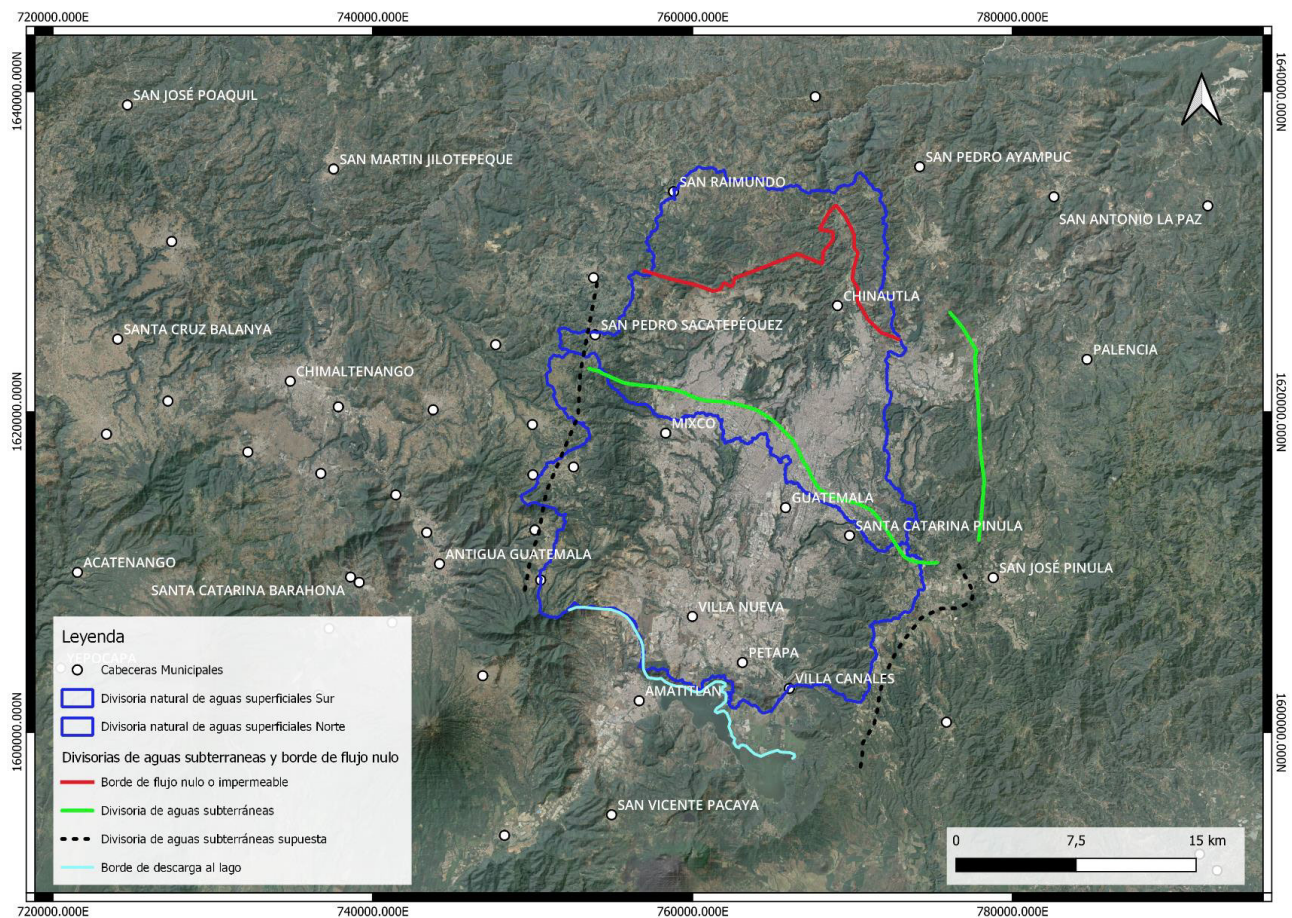


Figura 5 Acuífero del Valle de la Ciudad de Guatemala. Fuente: Tragsatec

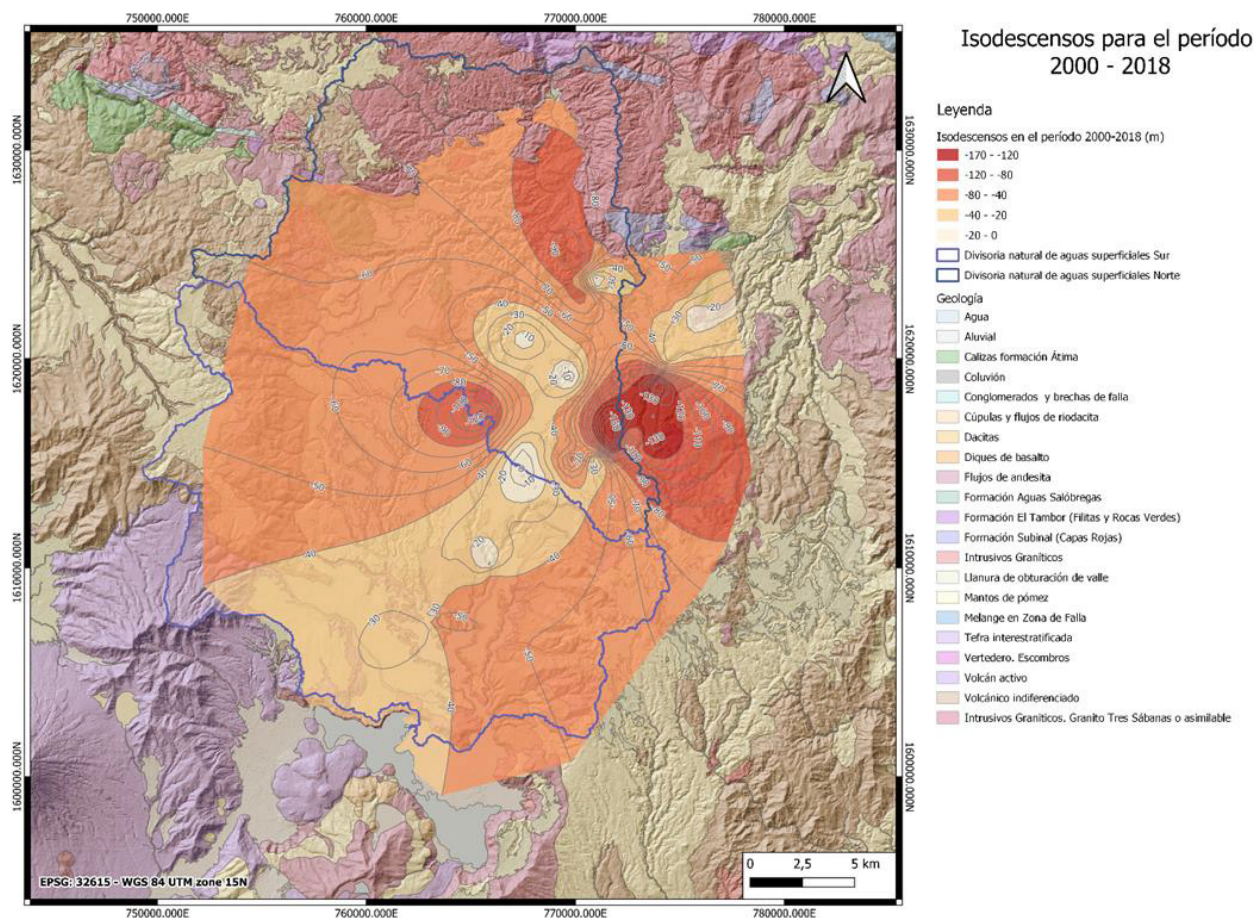


Figura 6 Mapa de isodescensos de los niveles piezométricos estáticos para el periodo 2000-2018.
Fuente: Tragsatec

Al igual que cuantitativamente, el acuífero del Valle de la Ciudad de Guatemala se encuentra amenazado también desde el punto de vista cualitativo. Cabe establecer una distinción entre contaminación per se, producida por la acción humana, y la procedente de la facies fisicoquímica del agua, contenida o descargada de los acuíferos, que puede contener un quimismo problemático para algunos usos, en especial para el consumo humano, pero que es de origen totalmente natural y causado simplemente por las reacciones químicas de disolución y oxidación del agua con los minerales del suelo y las rocas. En este caso, se ha comprobado la presencia generalizada en las aguas subterráneas del Valle de arsénico (típica de amplias regiones de Centroamérica), hierro y manganeso.

En el caso de la contaminación de origen antrópico, se encuentra principalmente localizada en zonas de intensa actividad industrial y en las cercanías de los vertederos de la ciudad, es decir, tienen un origen puntual, y aunque no se conoce bien su distribución espacial, esta parece relativamente limitada, en parte, gracias a fenómenos de adsorción y depuración, por parte de los materiales volcánicos del área.

A pesar de que se están promoviendo iniciativas, que ya se encuentran en marcha, para el adecuado tratamiento de las aguas servidas, como la “Propuesta para la Formulación del Plan Maestro para la Recolección y Tratamiento de las Aguas Residuales en la Mancomunidad Gran Ciudad del Sur del Departamento de Guatemala” (Ministerio de Finanzas Públicas (MINFIN) y cooperación técnica no reembolsable del Banco Interamericano de Desarrollo (BID)), en la actualidad el porcentaje de aguas debidamente tratadas es significativamente reducido.

La contaminación de las fuentes de agua superficiales ocurre en casi la totalidad de los cuerpos de agua. Todos los ríos que drenan hacia el Motagua están fuertemente contaminados por desechos sólidos, dese-

chos de aguas servidas y residuos químicos. La deforestación de las laderas agrava el problema de la erosión (UICN-Mesoamérica, 2011). Sólo el río Villalobos, ubicado al sur de la Región Metropolitana de Guatemala y que fluye a través de 14 municipios del departamento de Guatemala y Sacatepéquez, cuya cuenca aporta más del 95% de agua al lago Amatitlán, trasporta 2,50 m³/s de aguas residuales y recibe 1,5 millones de toneladas de sedimento al año, que terminan su recorrido en el lago de Amatitlán (AMSA, 2016). Pero esa es solo una de las formas de contaminación que genera. A lo largo de sus márgenes es común encontrar vertederos y acumulaciones incontroladas de basura que son arrastradas al río durante la época de lluvia.

En resumen, tanto desde el punto de vista cuantitativo como cualitativo, existen claras y evidentes señales de alarma en cuanto al estado del acuífero.

5

Estrategia de seguridad hídrica para el área metropolitana de Guatemala

18

5.1 Planteamiento general

El acuífero del Valle de la Ciudad de Guatemala está sobreexplotado y en peligro de colapso, o de descenso de niveles a cotas que hagan su explotación demasiado costosa e insostenible económicamente. Bien es cierto que esta situación se puede mejorar, al menos en parte, mediante la potenciación de estrategias de recarga artificial y de reducción de consumo por concienciación de la población e implantación de estrategias de Reducción de Agua No Contabilizada (RANC), pero, estas medidas serán solamente soluciones parciales que tan solo retrasarán los peligros anteriormente mencionados, si no se procede a realizar:

1

Un estudio pormenorizado y riguroso de los niveles estáticos que se quieren mantener en el tiempo y del régimen de explotación sostenible, que emane del mantenimiento de los mismos a largo plazo.

2

Aplicación de todas las medidas y acciones necesarias para una gestión integrada del recurso. Ley de ordenamiento territorial y de aguas, política de restauración y reforestación de cuencas, incremento de medidas directas para la recarga natural del acuífero, plan de optimización del consumo y reducción de agua no contabilizada, etc.

3

Búsqueda de nuevos recursos. que cubran las necesidades del propio abastecimiento de la Ciudad en pleno crecimiento y motor económico del país.

El estudio que recoge el presente documento se centra en la aplicación de los principios anteriormente mencionados, en los tres componentes mencionados con anterioridad.



En el caso del Componente I, agua subterránea, se han llevado a cabo diversos trabajos cuyo objetivo ha sido establecer una imagen actual del estado de las aguas subterráneas en el Valle de Ciudad de Guatemala.

Para conseguirla se ha trabajado de mayor a menor escala, estableciendo en primer lugar una sólida base documental y bibliográfica, basada principalmente en el estudio geológico de gran alcance realizado, no solo para entender la geología del área de interés en el Valle de Ciudad de Guatemala, si no el contexto general en el que se encuentra. Posteriormente, se han desarrollado los trabajos técnicos con los que se ha caracterizado la situación actual del acuífero; análisis y examen de los niveles piezométricos, con base en los resultados de las campañas de toma de datos, muestreo y análisis químicos, ejecutados en el ámbito del presente estudio, para obtener una mejor comprensión del estado físico y químico del acuífero, así como los principales focos de contaminación existentes.

Finalmente, y partiendo de la base del estudio hidrológico realizado ex profeso, se ha establecido un balance hidrogeológico para las dos cuencas que conforman el acuífero del Valle, por medio del cual se pueda valorar la variación del almacenamiento, y con base en éste, terminar de definir su dinámica, y establecer el grado de sobreuso o sobreexplotación que se está generando sobre el mismo.



En el caso del Componente II, agua superficial, se ha procedido a realizar un estudio de alternativas de aprovechamientos de aguas superficiales para el abastecimiento a la MGCS.

Este análisis se ha basado en los estudios de alternativas ya realizados por la Administración del País, principalmente el Plan Maestro de Abastecimiento de Guatemala (PLAMABAG), fruto del cual se planteó el denominado Proyecto Noroccidental como la opción más viable, reiterándose este planteamiento en la actualización del mismo de 1999.

Tras esta selección se ha procedido tanto a actualizar dicha propuesta, realizando un nuevo planteamiento conceptual del proyecto, como a su validación mediante el estudio de calidad de las aguas superficiales, procedentes de las cuencas seleccionadas, caracterización de cada una de ellas, desde el punto de vista de los focos de contaminación susceptibles de afectar al recurso. Del mismo modo, se ha procedido al desarrollo del correspondiente estudio hidrológico del área seleccionada, para cuantificar los posibles aportes de nuevos recursos superficiales, provenientes de la actualización del Proyecto Noroccidental.

En paralelo, se ha realizado el estudio de viabilidad de las distintas actuaciones necesarias para el desarrollo del planteamiento: infraestructuras hidráulicas especiales (túneles hidráulicos, conducciones a presión, viaductos y sifones); embalse de regulación anual; adecuación del trasvase Xayá - Pixcayá, para devolverle su capacidad de diseño inicial e incluso incrementarla; estudio de la red primaria de abastecimiento de Ciudad de Guatemala, para dar cabida a la distribución de nuevos caudales procedentes de la actualización del Proyecto Noroccidental, a través del trasvase Xayá - Pixcayá.

Se complementa la propuesta con la estrategia de prevención de conflictos asociados al planteamiento y enfoque general de la estrategia de seguridad hídrica de la región metropolitana de Guatemala. Trabajo desarrollado por la UICN, y el estudio legal, que pretende cubrir aquellas interrogantes jurídico-administrativas que se desprenden de esta propuesta, de conformidad con las leyes nacionales y locales, sobre la base de los fundamentos constitucionales y civiles de Guatemala, y bajo el amparo de la estrategia nacional de planificación del Estado.

Por último, se ha procedido a estimar los costes derivados de la ejecución de las distintas infraestructuras y actividades que integran el componente II de aguas superficiales, necesarios para completar las actividades del proyecto mediante una valoración presupuestaria firme, acorde con una fase de identificación y planificación, con un estimado de exactitud del orden de -10% y +25%.



En el caso del Componente III, agua no contabilizada, se ha pretendido identificar las causas que producen la existencia de pérdidas en las redes de distribución (reales/físicas y aparentes/comerciales) y en abordar los problemas desde su origen.

Para lograr el objetivo marcado, se planteó partir de un área piloto de la red existente que, por sus dimensiones y características hidráulicas, permitiera de una manera operativa ser estudiada y servir de muestra para la implementación de la metodología propuesta, de cara a verificar su eficacia. Una vez comprobado el funcionamiento de la metodología a esta escala más reducida, se extrapolaría su aplicación al ámbito de la totalidad de la red. El contexto de aplicación seleccionado se corresponde con la zona hidráulica 12 (ZH12), ubicada al sur de la ciudad, que abarca la población de las zonas postales 12 y 21.

La metodología consensuada quedó dividida en cinco fases que se fueron desarrollando de acuerdo con lo previsto hasta llegar a la fase IV: Implementación del Plan de Reducción de las ANC (PRANC). Esta fase se inició con la elaboración del pliego del contrato para la adquisición de los equipos de medición previstos para su instalación, lanzándose el proceso de licitación. El concurso se desarrolló con normalidad, llegándose hasta la fase de pre-adjudicación de éste a una empresa que cumplía con los requisitos exigidos en el pliego.

Tras cuatro meses de espera para la adjudicación definitiva del contrato, la Municipalidad/EMPAGUA comunicó la imposibilidad de la instalación de los equipos por problemas de aceptación social en los sectores implicados. Tras intercambios realizados con los vecinos, en coordinación con la UICN, no se obtuvieron respuestas positivas de los mismos para el cambio o incorporación de micromedidores en sus residencias. La Junta Directiva decidió, por tanto, en septiembre de 2022, no proceder a la instalación de los equipos en los subsectores implicados.

La experiencia en el área piloto no se pudo completar, si bien quedó documentado el procedimiento a seguir para la futura realización de experiencias por parte de EMPAGUA.



5.2 Principios e hipótesis de la estrategia planteada

De acuerdo con el balance hídrico desarrollado, el acuífero se encuentra en un estado deficitario con pérdidas anuales de alrededor de 115 hm³ en año promedio y descensos anuales históricos de 3,40 m para la cuenca norte y de 2,15 m para la cuenca sur, y de 3,00 y 3,50 m respectivamente en la serie histórica de los últimos 10 años.

Es necesaria la búsqueda de nuevos recursos que, junto a los provenientes de una explotación sostenible del acuífero, faciliten la demanda de una Mancomunidad en pleno desarrollo, y establecer una estrategia a seguir para alcanzar la seguridad hídrica de sus municipios.

De acuerdo con esta premisa, se han adaptado los siguientes principios e hipótesis dirigidos a la consecución de la estrategia final planteada.

5.2.1 Componente I. Aguas subterráneas

A partir del establecimiento de un régimen de explotación sostenible del acuífero, punto fundamental al ser la principal fuente de agua de abastecimiento del Valle, se proponen las siguientes acciones para establecer las estrategias necesarias para alcanzar la seguridad hídrica, adaptadas a la situación real del recurso:

1

Ley de Aguas de ámbito nacional para todo el ciclo hidrológico y su desarrollo reglamentario completo sobre usos del agua y la custodia, planificación y gestión del dominio público hidráulico, junto a una ley de ordenamiento territorial y política de restauración y reforestación de cuencas e incremento de medidas directas para la recarga natural del acuífero.

2

Crear y mantener una red de control para una vigilancia constante y rigurosa sobre los niveles piezométricos y la contaminación del manto acuífero.

3

Creación de un censo completo de sondeos que incluya sus características básicas. Incluir la base de datos generada en un proyecto GIS junto al conjunto de infraestructuras implicadas en la gestión del ciclo integral del agua, para su control y gestión conjunta.

4

Profundizar e invertir en investigaciones relacionadas con Interferometría Radar Satélite para observar si existe reasentamiento del terreno debido al vaciado del acuífero.

5

Instauración de estrategias generalizadas de recarga artificial del acuífero.

6

Aporte de agua al sistema desde zonas externas al Valle, que reduzca la presión actualmente ejercida sobre el acuífero.

5.2.2 Componente II. Aguas superficiales

21

Se selecciona el denominado Proyecto Noroccidental como la opción más viable para la obtención de nuevos recursos hídricos, dirigidos a disminuir las presiones extractivas sobre el acuífero, preservar su integridad y alcanzar su explotación sostenible, de acuerdo con los siguientes criterios:

1

Se mantienen los caudales de aguas superficiales disponibles en la actualidad, de las micro-cuencas asociadas al sistema de abastecimiento, que es de suponer mejorarán en cuanto a su calidad a medio plazo, tras la aplicación de las medidas de protección, gestión y tratamiento mencionadas, pero se desechan a medio - largo plazo, al menos de forma parcial y de forma escalonada, por su carácter eminentemente urbano.

2

Incorporación al sistema de nuevos recursos superficiales de distinto origen a los actualmente utilizados. Se plantea nuevamente el Proyecto Noroccidental como la opción más viable, de acuerdo con un nuevo planteamiento conceptual del mismo:

a

Solución última seleccionada para la definición de la infraestructura de trasvase de recursos hídricos mediante la construcción de **Túneles Hidráulicos Intercuencas de Gran Capacidad Hidráulica**. Se plantea una propuesta con 16 túneles en el tramo comprendido entre Chichicastenango y San Martín Jilotepeque, y cinco túneles de las mismas características en el tramo desde San Martín Jilotepeque hasta la cabecera del trasvase Xayá - Pixcayá, asociados a sendos tramos mediante conducción forzada, tanto aguas arriba como aguas abajo de la batería de los cinco túneles mencionados.

Este planteamiento presenta las siguientes ventajas respecto a la solución recogida en el Proyecto Noroccidental original:

- Se reduce de forma drástica la longitud del trasvase, lo cual da lugar a la posibilidad de incrementar las pendientes de los tramos en el túnel propuesto, siempre cumpliendo con las limitaciones de velocidad recomendables, desde el punto de vista operacional, $\leq 3,00$ m/s, incrementando de forma significativa los caudales transportados. La aplicación de esta tecnología, asociada a su conexión con la cabecera del trasvase Xayá – Pixcayá, supondría una reducción de la longitud total de la conducción sobre el de la infraestructura propuesta inicialmente en el Proyecto Noroccidental del 50%.
- Los condicionantes constructivos de estas técnicas en túnel dan lugar al sobredimensionamiento de prácticamente la totalidad de los tramos, por lo que la infraestructura será susceptible de ampliar en el futuro los caudales recibidos y transportados, Proyectos Cuilco y Negro, Sistema Choaxan, etc.
- Limitación de los riesgos de deslizamientos de ladera por la inestabilidad natural del terreno de la zona de estudio, a las zonas de emboquille de los túneles donde se deberán implementar medidas especiales de estabilización.
- Menor riesgo de los túneles frente a sismo, respecto a las soluciones superficiales convencionales. Se hace notar que los túneles de Xayá – Pixcayá no han sufrido ningún daño estructural en sus más de 40 años de existencia.
- Menor impacto ambiental por el menor volumen de desescombro, contaminación atmosférica y afección a acuíferos superficiales.
- Mínima afección a la propiedad de los terrenos y servicios.

b Incorporación de la conducción de la actualización del Proyecto Noroccidental con sus variantes, a la cabecera de la infraestructura del trasvase Xayá – Pixcayá, rehabilitando el mismo hasta alcanzar, al menos, su caudal final de diseño inicial, $3,00 \text{ m}^3/\text{s}$, e incluso incrementar esta cantidad ($3,50 \text{ m}^3/\text{s}$ de forma general y $4,00 \text{ m}^3/\text{s}$ en el túnel de Chimaltenango).

c Aprovechamiento de las subcuencas de cabecera del Alto Motagua propuestas en el Proyecto Noroccidental o Proyecto Cumo, fase I, 1983, y actualización del PLAMABAG 1999, con las siguientes particularidades:

- Se desestima el aprovechamiento de las subcuencas del Alto Motagua situadas en las áreas de influencia de las poblaciones de Chichicastenango y Santa Cruz del Quiché, para respetar los recursos y derechos de estas poblaciones sobre los mismos.
- Aprovechamiento y conexión de las distintas subcuencas del Alto Motagua, localizadas a lo largo de la traza de la conducción, con toma situada a cota suficiente para alcanzar por gravedad el punto de suministro, siempre respetando los caudales ambientales y de otros usos que resultasen de la consulta y discusión con las distintas autoridades competentes.

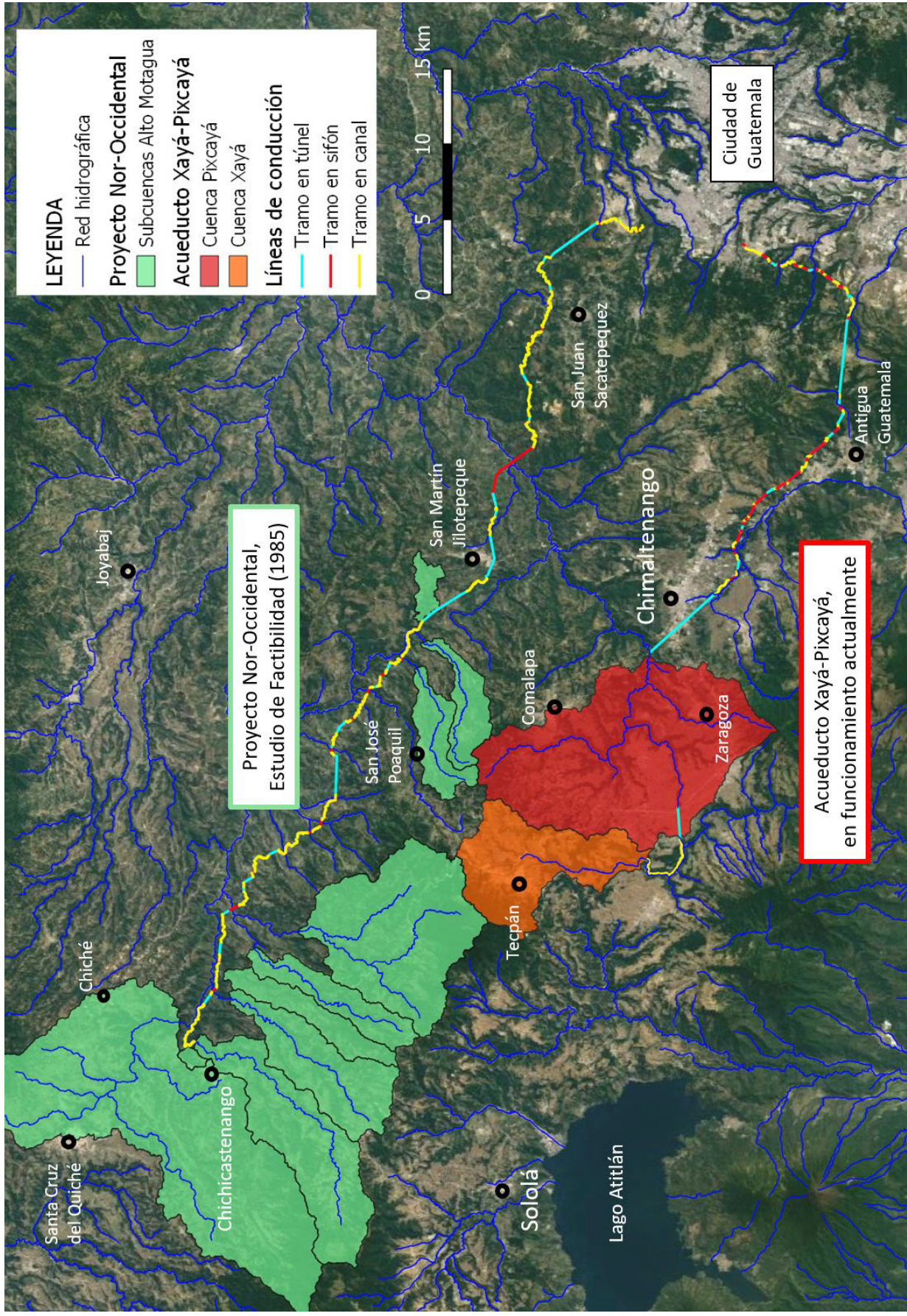


Figura 7 Planteamiento original del Proyecto Noroccidental (1985). Fuente: Tragsatec.

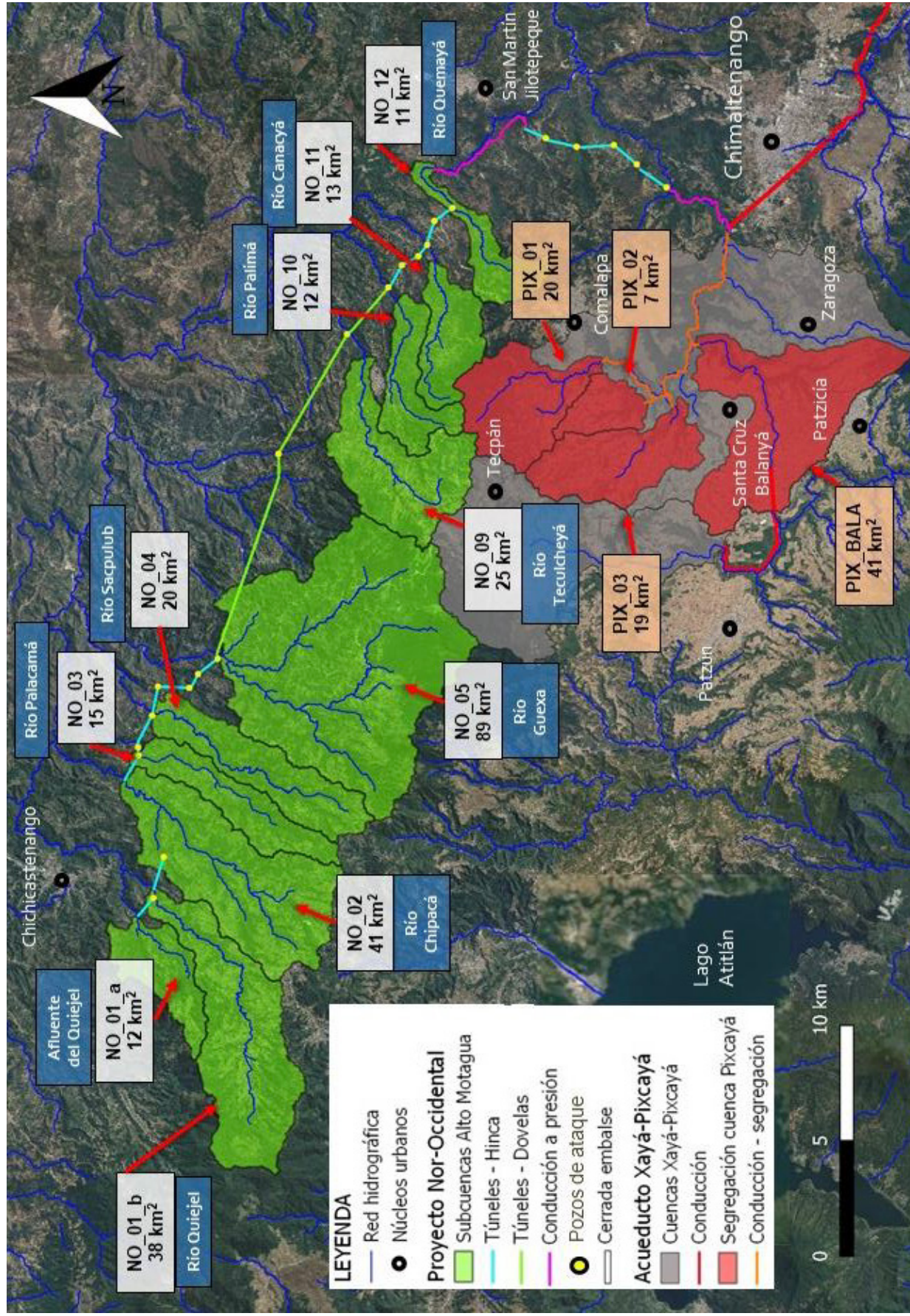


Figura 8

Planteamiento de la opción 2 del Proyecto Noroccidental mediante túneles (16 + 5 ud.) y la segregación del Pixcayá. Fuente: Tragsatec.

ESQUEMA GENERAL – PERFIL LONGITUDINAL DE LA LÍNEA DE CAPTACIÓN DEL PROYECTO NOROCCIDENTAL

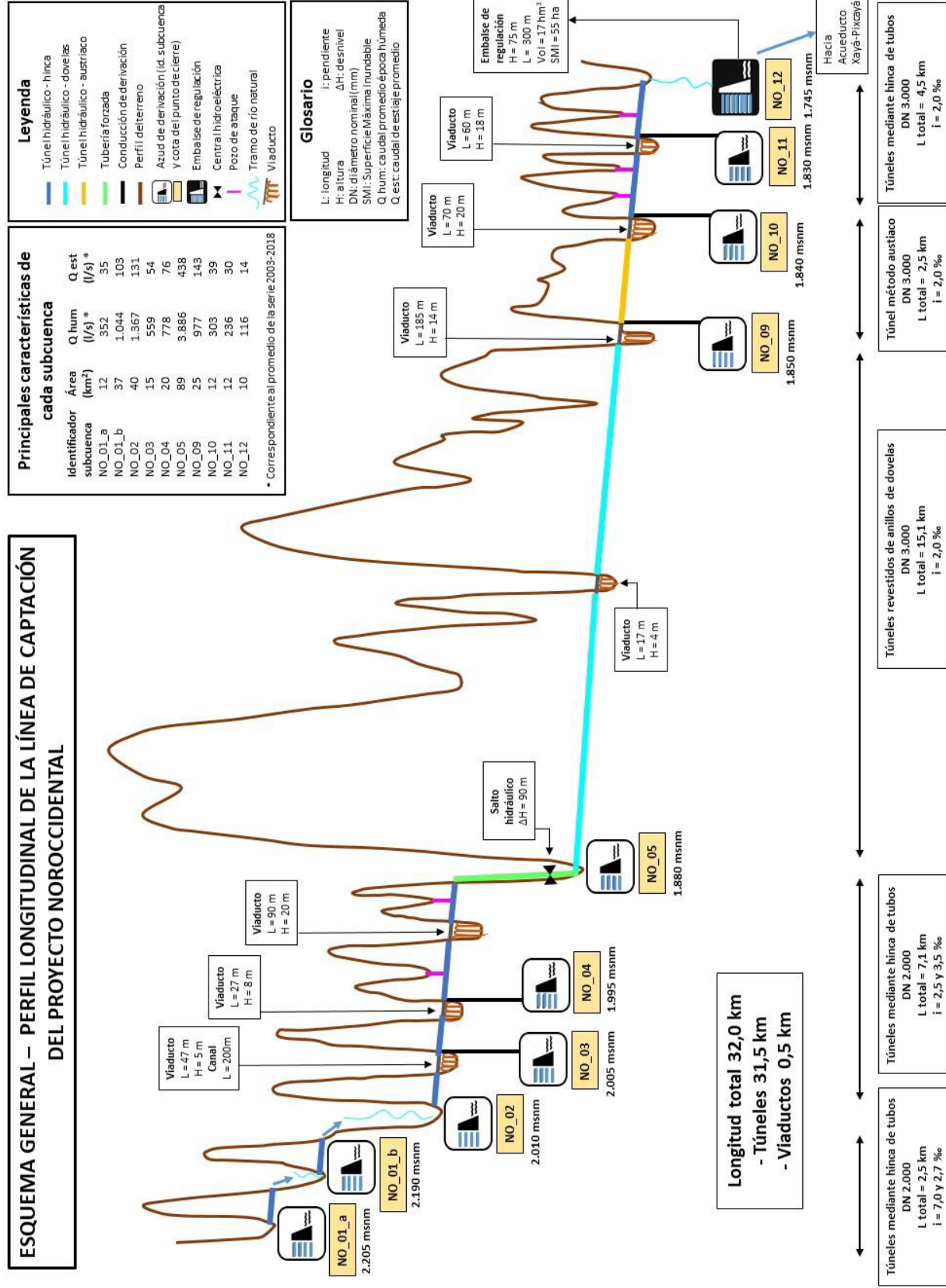


Figura 9 Perfil del planteamiento de la opción 2 del Proyecto Noroccidental mediante túneles (16 + 5 ud). Tramo Aguas Arriba del embalse.
Fuente: Tragsatec.



Perfil del planteamiento de la opción 1 y 2 del P. Noroccidental. Tramo AA. Abajo embalse. (5 túneles y 2 tramos a cielo abierto inicial y final). Fuente: Tragsatec.

d Incorporación de sistemas de regulación anual de los aportes:

- **Regulación indirecta.** Se plantea el aprovechamiento de los recursos superficiales disponibles en el Alto Motagua y Sistema Xayá - Pixcayá de forma asimétrica, incrementando los caudales transportados en la época húmeda, viéndose reducidos los mismos en las épocas de estiaje por el régimen natural de los propios cursos fluviales, haciendo coincidir esta asimetría de forma contraria con el aprovechamiento del acuífero del Valle de la Ciudad de Guatemala, de manera que se facilite la recarga del mismo al disminuir los caudales solicitados a los recursos subterráneos durante la época “húmeda”, y aprovechando los mismos por su consiguiente recarga, durante la época de estiaje. El elemento regulador de caudales del sistema de abastecimiento sería el propio acuífero.
- **Regulación directa.** Almacenar los posibles excedentes estacionales en elementos de regulación para su aprovechamiento durante la época de estiaje. Se ha seleccionado una localización para la posible ejecución de un embalse en el entorno de San Marín Jilotepeque con una capacidad de almacenamiento de más de 16 hm³, con una longitud total en coronación de 325 m una altura máxima presa de 75 m y una superficie máxima inundada (N.M.N.) de 57 ha.

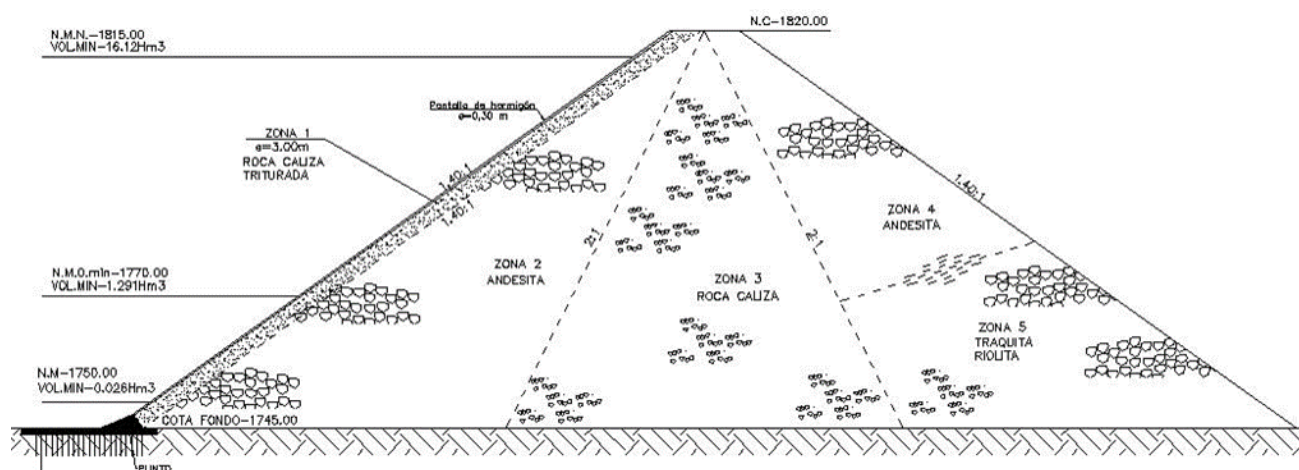


Figura 11 Sección tipo de presa. Fuente: Tragsatec.

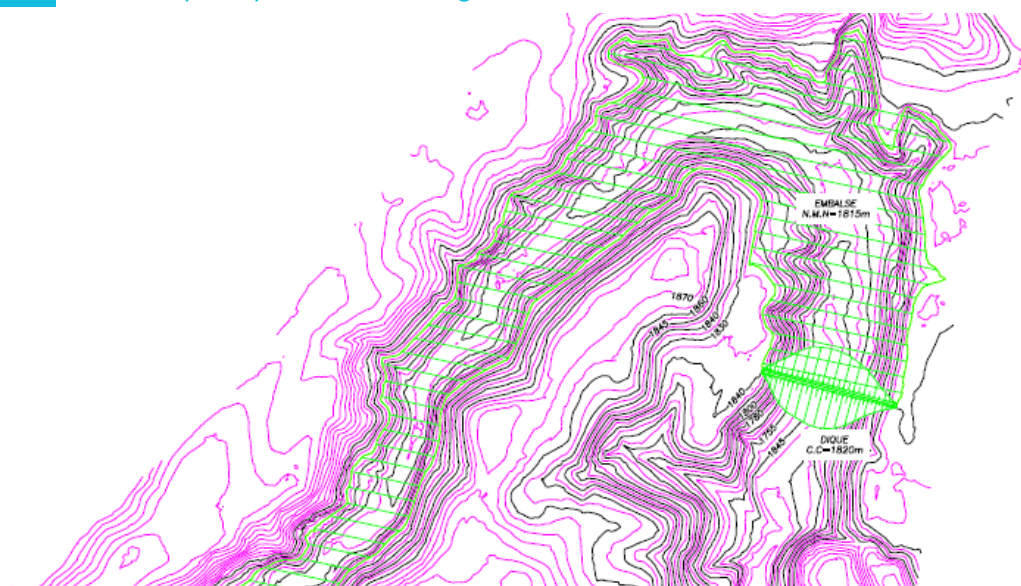


Figura 12 Representación del dique y embalse seleccionado. Fuente: Tragsatec.

- e** Segregación de cuencas del complejo Xayá – Pixcayá de acuerdo con su antropización y potencial contaminación, de manera que la calidad final de las mismas se vea incrementada de forma significativa, a la vez a que se disminuye la presión sobre el recurso hídrico, que actualmente sufre el área. En este caso en particular se procedería a desestimar el área aportante, correspondiente al río Xayá, afectada por los vertidos y actividad del núcleo poblacional más importante de la cuenca, Tecpán.
- f** Incorporación de recursos subterráneos complementarios, distintos a los propios del acuífero del Valle de Ciudad de Guatemala, Chimaltenango, Alto Guacalate, tal y como se está realizando en la actualidad con el conjunto de pozos de Agua en Bloque denominado Magdalena del Mar, que entrega los recursos en la planta de tratamiento de Lo de Coy, a través del trasvase Xayá Pixcayá.
- g** Recarga en época húmeda del acuífero del Alto Guacalate, Chimaltenango y Antigua Ciudad de Guatemala, mediante el incremento del caudal trasvasado por el acueducto Xayá– Pixcayá, hasta 4,00 m³/s, 0,50 m³/s superior a su límite máximo, a través del túnel de Chimaltenango, en cuya salida se propone la instalación de un campo de drenaje vertical/campo de infiltración, de manera que se favorezca la sostenibilidad de las extracciones que se proponen realizar en el área, debido al elevado excedente que tiene el sistema durante este periodo.

De acuerdo con el estudio hidrológico realizado, se han calculado los caudales que se podrían incorporar desde las subcuencas seleccionadas a la red de abastecimiento de la Mancomunidad Gran Ciudad del Sur que, unidos a otras posibles fuentes y al establecimiento de una serie de criterios de explotación del sistema propuesto, que dan lugar a los siguientes escenarios:

1

Escenario I: caudal captado proveniente del Alto Motagua, infiltraciones a lo largo de los túneles mayores del trasvase Xayá – Pixcayá y recursos subterráneos actualmente aprovechados en Magdalena del Mar, tan solo en época de estiaje. Se desestiman las aguas provenientes de las cuencas del Xayá – Pixcayá, por su calidad deficiente, y los provenientes de la segregación de las zonas menos antropizadas de la cuenca del Pixcayá, al ser una obra propuesta a mediano plazo.

2

Escenario II: similar al anterior, incorporando los caudales provenientes de la segregación de cuencas del Xayá – Pixcayá.

3

Escenario III. similar al anterior, incorporando nuevos recursos subterráneos del acuífero del Alto Guacalate, Chimaltenango, Antigua Ciudad de Guatemala, en la época de estiaje, aprovechando la recarga realizada.

Los resultados de simular los escenarios mencionados, que se incorporan a continuación, corresponden al año promedio.

Estrategia a seguir en el aprovechamiento de la actualización del proyecto noroccidental													Caudal promedio anual (m ³ /s)	Vol. promedio anual (hm ³)
	En.	Fb.	Mz.	Ab.	My.	Jn.	Jl.	Ag.	Sp.	Oc.	Nv.	Dc.		
Escenario I														
Caudal derivado a Ciudad de Guatemala (PTAP Lo de Coy)	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	3,50	3,50	3,50	3,50	3,50	3,30	3,30	2,63	83,04
Caudal derivado a acuífero Chimaltenango	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Escenario II														
Caudal derivado a Ciudad de Guatemala (PTAP Lo de Coy)	1,70	1,70	1,70	1,70	1,70	3,50	3,50	3,50	3,50	3,50	3,50	3,50	2,75	86,72
Caudal derivado a acuífero Chimaltenango	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Escenario III														
Caudal derivado a Ciudad de Guatemala (PTAP Lo de Coy)	2,25	2,25	2,25	2,25	2,25	3,50	3,50	3,50	3,50	3,50	3,50	3,50	2,98	93,95
Caudal derivado a acuífero Chimaltenango	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,00	0,00	0,21	6,57
Aporte recursos hídricos														
Aportes promedio trasvasado desde Proyecto Noroccidental.	0,55	0,49	0,42	0,37	0,74	6,08	4,30	4,18	8,61	6,18	1,97	0,84	2,89	91,26
Aportes infiltraciones túneles Xayá - Pixcayá	0,23	0,23	0,23	0,23	0,27	0,27	0,27	0,27	0,27	0,27	0,23	0,23	0,25	7,88
Aportes promedio trasvasado se-gregación cuencas Xayá - Pixcayá	0,19	0,17	0,15	0,13	0,12	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,34	0,24	0,11	3,53
Aportes AA. Subterráneas Magdalena del Mar	0,17	0,17	0,17	0,17	0,17	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,17	0,17	0,10	3,13
Aportes AA. Subterráneas nuevos aprovechamientos acuífero A. Guacalate-Chimaltenango.	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,40	0,40	0,23	7,36

Tabla 2

Recursos aprovechables en la nueva estrategia de aguas superficiales. Fuente: Tragsatec.



Como se puede observar, en el **Escenario I**, donde los aportes de recursos se limitan al caudal captado proveniente de la actualización del Proyecto Noroccidental, las infiltraciones a lo largo de los túneles mayores del trasvase Xayá - Pixcayá y los recursos subterráneos actualmente aprovechados en Magdalena del Mar, solo en estiaje, el sistema es capaz de aprovechar al máximo la capacidad del trasvase, alcanzando los $3,50 \text{ m}^3/\text{s}$ al menos durante 5 meses de la época húmeda, reduciéndose durante 2 meses en el tránsito de la misma a la seca, hasta los $3,30 \text{ m}^3/\text{s}$ y disminuyendo durante los 5 meses restantes, coincidentes con el estiaje, a $1,50 \text{ m}^3/\text{s}$, momento en el que se deberán incrementar los recursos subterráneos del acuífero del Valle de Guatemala para suplir la carencia. En este caso, se trasvasa un caudal promedio anual de $2,63 \text{ m}^3/\text{s}$ y un volumen total anual de $83,04 \text{ hm}^3$, es decir, un 250% superior a los aportes actuales del trasvase Xayá - Pixcayá, con la salvedad de que en este escenario no se incorpora caudal alguno procedente de sus cuencas.



En el **Escenario II**, similar al anterior, pero incorporando los caudales de estiaje provenientes de la segregación de cuencas del Xayá - Pixcayá. En este caso, el abastecimiento a Ciudad de Guatemala se incrementa, alcanzando la máxima capacidad del acueducto durante siete meses coincidentes con la época húmeda y el tránsito hacia la seca, con $3,50 \text{ m}^3/\text{s}$, pudiéndose incrementar el caudal durante la época de estiaje hasta un caudal medio mensual de $1,70 \text{ m}^3/\text{s}$. En este segundo escenario, se trasvasa un caudal promedio anual de $2,75 \text{ m}^3/\text{s}$ y un volumen total anual de $86,72 \text{ hm}^3$, es decir, un 260% de los aportes actuales del trasvase Xayá - Pixcayá, con la salvedad de que en este escenario sí se incorporan recursos de este sistema, pero limitados al caudal de estiaje de las cuencas segregadas como menos antropizadas de la subcuenca del Pixcayá.



Finalmente, el **Escenario III**, tiene como único cambio, frente al anterior, el incorporar nuevos recursos subterráneos del acuífero del Alto Guacalate, Chimaltenango, Antigua Ciudad de Guatemala en la época de estiaje. Estos aportes se han limitado a $0,40 \text{ m}^3/\text{s}$, aunque por capacidad estricta del trasvase se podrían incrementar hasta $1,65 \text{ m}^3/\text{s}$. Este nuevo aporte, además de favorecer la regulación del embalse, repercutirá en el incremento del caudal en la época de estiaje hasta los $2,25 \text{ m}^3/\text{s}$ de promedio mensual. Se plantea la recarga del área "aprovechada" mediante el trasvase de $0,50 \text{ m}^3/\text{s}$ de los excedentes de recursos del Proyecto Noroccidental en la época húmeda. Para ello se propone incrementar hasta $4,00 \text{ m}^3/\text{s}$ el caudal trasvasado, gracias a los excedentes provenientes de la actualización del Proyecto Noroccidental hasta la salida del túnel de Chimaltenango, cuyas condiciones y capacidad hidráulica lo permiten, proponiéndose en este punto la instalación de un área de drenaje vertical/campo de infiltración y recarga del acuífero.

5.2.3 Componente III. Aguas no contabilizadas

De acuerdo con la experiencia piloto desarrollada, el Índice de Agua No Contabilizada (IANC) de la Zona Hidráulica 12 se ha estimado en el 39%. Este indicador porcentual relaciona el volumen total de agua que se suministra a las redes con el volumen total de agua que se factura a los usuarios en un periodo determinado, por lo que se concluye que hay aproximadamente un 39% del agua que entra que no es facturada, mientras que las pérdidas reales o físicas en la infraestructura representan un 24% del total del agua de entrada.

Tanto el IANC como el porcentaje de fugas en la zona de estudio tienen valores relativamente buenos, comparándolos con los de las principales ciudades de América Latina, en las que solo el porcentaje de fugas representa, en muchos casos, casi el 50% del total del agua inyectada al sistema. Cabe destacar que estos indicadores fueron menos positivos cuando se calcularon específicamente para dos de los subsectores integrados en la zona de estudio (IANC del 40% para Cerro Gordo y del 45% para Justo Rufino Barrios), y que los márgenes de error estimados pueden tener una incidencia significativa en los resultados.

Volumen de entrada 100%	Consumo autorizado	Consumo autorizado facturado	Consumo facturado medido	Agua facturada
			Consumo facturado no medido	
	Pérdidas de agua	Consumo autorizado no facturado	Consumo no facturado medido	Agua no facturada 39% (+/- 7% error)
			Consumo no facturado no medido	
		Pérdidas aparentes/comerciales	Consumo no autorizado 6%	
			Errores en lecturas y manejo de datos	
		Pérdidas reales/físicas 24% (+/- 13% error)		

Tabla 3 Esquema del balance hídrico I realizado en la zona piloto (ZH12). Fuente: Tragsatec.

En vista de los resultados, se confirma que, a través de la reducción del ANC, principalmente incidiendo en el subcomponente de pérdidas físicas, se podría incrementar la disponibilidad de “nuevos” recursos de alta calidad de agua potable.

Estas cifras de la zona hidráulica piloto pueden extrapolarse al resto de la red, teniendo en cuenta que la muestra de la que se han obtenido representa un sector hidráulicamente adecuado para la realización del estudio, es decir, podría esperarse que los indicadores que se obtengan en otros sectores de la red no fueran tan buenos, lo que implicaría un margen de mejora aún mayor.

Las pérdidas físicas pueden alcanzar valores superiores al 24% de acuerdo con el estudio piloto desarrollado a pequeña escala, estimándose que para la totalidad de la red podrían estar en torno al 30%, en un cálculo conservador del agua distribuida por las redes municipales. Teniendo en cuenta que la producción actual promedio de EMPAGUA es del orden de 4,00 m³/s, la demanda real de la Mancomunidad calculada, contando con la gestión privada, es de 7,55 m³/s, y la directamente relacionada con la explotación del acuífero es de 7,94 m³/s, tan solo reduciendo las pérdidas físicas del 30% estimado al 20%, se podría “incrementar” la producción/oferta en aproximadamente 0,80 m³/s en el servicio general de la Mancomunidad y del entorno del acuífero. Además, se ha comprobado que, en los subsectores con mayor control, número de micromedidores instalados, etc., los consumos promedios son inferiores a los registrados en el resto de subsectores, de lo que se deduce que los usuarios que cuentan con un contador hacen un uso más racional y eficiente del agua.

6

Presupuesto total de la infraestructura correspondiente al desarrollo del Componente II. Aguas superficiales

Este apartado recoge la estimación presupuestaria de las distintas infraestructuras y actividades que integran el componente II, de aguas superficiales, necesaria para completar las actividades del proyecto. No se incluyen partidas presupuestarias correspondientes al Componente I, aguas subterráneas, salvo las que complementan la estrategia planteada, implicadas directamente con el componente II, aguas superficiales, aprovechamiento de los recursos subterráneos del Alto Guacalate - Chimaltenango, con una previsión de 0,40 m³/s, y el

campo de recarga de 0,5 m³/s previsto para el aprovechamiento de los excedentes del Alto Motagua en época húmeda. Tampoco se incorporan partidas presupuestarias para la implementación de una estrategia de Reducción de Aguas No Contabilizadas (RANC), presupuestos que se deberán incorporar de forma paulatina y de acuerdo con una planificación, a los presupuestos anuales de explotación de la empresa gestora del servicio.

Del mismo modo se incorporan partidas para las medidas ambientales de corrección de impactos y de conflictos sociales, de expropiaciones y servicios afectados, y de imprevistos, aplicándose un 4,0; 2,5 y 10 % sobre el presupuesto de ejecución material respectivamente, y del 4,5% sobre el total para la redacción de los proyectos constructivos correspondientes.

Partidas presupuestarias	Presupuesto estimado (€)
Diques y conducciones de conexión de captación de subcuencas del Alto Motagua.	1.500.000,00
Diques y conducciones de segregación de subcuencas de la cuenca del Pixcayá	10.000.000,00
Infraestructuras hidráulicas tipo túnel y viaductos de interconexión	212.500.000,00
Infraestructuras hidráulicas tipo conducción a presión a media ladera	17.000.000,00
Presa de materiales sueltos	36.000.000,00
Rehabilitación del trasvase Xayá - Pixcayá	15.000.000,00
Ampliación planta de tratamiento de agua potable (Nueva línea 2 m ³ /s)	20.000.000,00
Rehabilitación/ampliación red primaria de abastecimiento: Lo de Coy - Tanque El Guarda.	15.000.000,00
Caminos y vías de servicio a obra.	12.000.000,00
Batería de pozos para el aprovechamiento de AA subterráneas del Alto Guacalate - Chimaltenango.	3.000.000,00
Campo de recarga de excedentes del Alto Motagua.	1.000.000,00
Medidas ambientales y sociales (4%)	13.720.000,00
Expropiaciones y servicios afectados (2,5%)	8.575.000,00
Imprevistos (10%)	34.300.000,00
Presupuesto total de ejecución material	399.595.000,00
Costes indirectos (15%)	59.939.250,00
Beneficio Industrial (6%)	23.975.700,00
Redacción de proyectos constructivos (4,5% s/PEM)	17.981.775,00
Presupuesto total de ejecución por contrata	501.491.725,00

Tabla 4

Resumen del presupuesto total de la infraestructura correspondiente al desarrollo del Componente II. Aguas superficiales. Fuente: Tragsatec.

7

Conclusiones del estudio

Los recursos renovables promedio anuales de las cuencas naturales Norte y Sur del acuífero del Valle de Ciudad de Guatemala, en su estado natural, eran de 284,84 hm³, mientras que, actualmente, las extracciones promedio anuales del acuífero ascenderían a 411,21 hm³. La diferencia entre ambas cifras, con los ajustes derivados de la alteración que ha sufrido el área de estudio, se está extrayendo año tras año, el volumen almacenado desde siempre en el acuífero y sin que este se renueve. En este caso, el volumen de agua vaciado en la serie histórica de datos disponibles, reduciendo la misma a la de los últimos 18 años, se ha estimado entre los (-) 1070,64 y (-) 2489,16 hm³ para ambas cuencas.

Para valorar de forma pragmática y simple el impacto sobre el sistema hídrico y proporcionar una imagen clara de lo que representa ese déficit anual y acumulado sobre la sostenibilidad del uso del agua en el Valle de Ciudad de Guatemala, se puede utilizar el Índice de Explotación del Agua WEI+ (Water Exploitation Index +), que se utiliza en la aplicación de la Directiva Marco del Agua (DMA), europea de manera cooperativa y coordinada entre Estados miembros. Se considera que este indicador muestra problemas de estrés hídrico estructural cuando WEI > 20% (MITECO, 2016), y los valores por encima del 40% indican un grave estrés hídrico y un claro uso insostenible del recurso (Fernández, 2020). A la vista de los resultados obtenidos, teniendo en cuenta que en el caso del acuífero del Valle de la Ciudad de Guatemala este valor alcanza valores superiores al 72%, se determina que éste sufre un muy alto grado de estrés hídrico.

Quedando encuadrado el acuífero objeto de estudio en una situación de grave estrés hídrico y un claro uso insostenible del recurso, las consecuencias directas de esta situación podrían ser, entre otras, el abandono de pozos por el progresivo descenso del nivel piezométrico, con el consiguiente aumento progresivo de los costos de explotación; el deterioro de la calidad del agua, ya que un vaciado tan potente del acuífero puede provocar mezclas de aguas de diferentes calidades; modificaciones inducidas en el régimen de los ríos; afección o secado de ecosistemas acuáticos asociados; posibilidad de compartimentación del acuífero; y, finalmente, su futura desaparición por colapso por agotamiento de su capacidad, o al menos, a no poder extraerse más recursos que los renovables anualmente y a un alto costo por la profundidad.

*En la actualidad, la única manera de incrementar la oferta de recursos hídricos al sistema de abastecimiento con las infraestructuras y medios disponibles, aparte de la reducción del consumo y la mejora de la eficiencia, mediante la aplicación de estrategias RANC (Reducción de Aguas No Contabilizadas), y la concienciación popular, es la potenciación de la extracción de recursos subterráneos de un **ACUÍFERO YA SOBREEXPLOTADO Y EN PELIGRO DE COLAPSO**, o de descenso de niveles a cotas que hagan su explotación demasiado costosa e insostenible económicamente.*

Además, se deben aplicar todas las medidas y acciones necesarias para una gestión integrada del recurso: **ESTABLECIMIENTO DE UNA LEY DE ORDENAMIENTO TERRITORIAL Y DE AGUAS**; política de restauración y reforestación de cuencas; incremento de medidas directas para la recarga natural del acuífero; plan de optimización y reducción de agua no contabilizada, etc., y una **BÚSQUEDA DE NUEVOS RECURSOS EXTERNOS**, que cubran las necesidades del propio abastecimiento de la Ciudad de Guatemala, en pleno crecimiento y motor económico del país.

Para ello se ha procedido al estudio detallado de los recursos hídricos disponibles, ya estén en este momento en explotación o no, para el abastecimiento de la población desde tres vertientes o perspectivas distintas:



Gestión sostenible del agua subterránea del acuífero del Valle de Ciudad de Guatemala.



Aguas superficiales: sistema para trasvase Xayá-Pixcayá y posibles cuencas de potencial aportación, con la actualización del Proyecto Noroccidental como principal sistema potencial de aportación de nuevos recursos hídricos de origen superficial.



Aguas no contabilizadas, a pesar de ser un recurso indirecto, que en la actualidad se ha estimado supone más del 40% del total de agua suministrada y alrededor de un 30% de pérdidas físicas.

Estas medidas se deberán complementar con otras actuaciones no menos importantes, como la concienciación social de un consumo responsable y eficiente, implementación de medidas de recarga artificial del acuífero, normadas y regladas, tal y como se está en proceso de implantación en los últimos años.

La **ACTUALIZACIÓN DEL PROYECTO NOROCCIDENTAL**, y su nuevo planteamiento conceptual, adaptando el mismo a las nuevas condiciones del entorno, al aprovechamiento máximo de las infraestructuras existentes, a las necesidades del sistema de abastecimiento, así como a los condicionantes técnicos, sociales, económicos y ambientales vigentes, es capaz de suministrar un caudal medio anual de 2,63 a 2,98 m³/s, con una producción de 83,04 a 93,95 hm³/año.



El planteamiento de aprovechar estos recursos no es totalmente nuevo, ya que en la propuesta de aprovechamiento se desestima la utilización de las aguas provenientes del trasvase Xayá – Pixcayá por su alta carga contaminante y para reducir la presión hídrica que sufre el área hidrográfica, reduciéndose los “recursos nuevos” verdaderamente aportados a volúmenes anuales comprendidos entre los 65,00 y 75,00 hm³/año.

Del mismo modo, se sugiere la implantación progresiva de una estrategia de Reducción de Agua No Contabilizada (RANC), teniendo en cuenta que la producción actual promedio de EMPAGUA es del orden de 4,00 m³/s, la demanda real de la Mancomunidad calculada, contando con la gestión privada es de 7,55 m³/s, y la directamente relacionada con la explotación del acuífero de 7,94 m³/s, tan solo reduciendo las pérdidas físicas del 30 al 20% se podría “incrementar” la producción/oferta de recursos en aproximadamente 0,80 m³/s en el entorno del acuífero con un volumen anual “generado” de alrededor de 25 hm³/año.

El acuífero del Valle, en todos los escenarios propuestos, incluso en el húmedo, se encuentra en un estado deficitario donde, en el año promedio, el déficit del mismo puede alcanzar los 200 hm³/año, de los que aproximadamente 85 hm³/año se estima que se suplen a través de la recarga subterránea inducida desde cuencas hidrológicas limítrofes a la del Valle, resultando un déficit final aproximado, directamente relacionado con el vaciado y descenso de niveles del acuífero, de 115 hm³/año.

Los nuevos recursos superficiales y provenientes de la estrategia RANC supondrían unos volúmenes anuales conjuntos de 90 a 100 hm³/año, dependiendo del escenario del componente II, aguas superficiales, que se utilice. Lo cual, unido a las medidas alternativas complementarias, implementación de medidas de recarga artificial, consumo eficiente, etc., hace suponer que pudiera quedar cubierto la totalidad del déficit directo actual del acuífero.

Ahora bien, al estimar que existe una relación directa entre el vaciado del mismo y la recarga subterránea inducida desde cuencas hidrológicas limítrofes a la del Valle, de acuerdo con los gradientes generados, la reducción de presión sobre los recursos del acuífero daría lugar a una redistribución del vaciado y la recarga inducida, que disminuiría de forma muy significativa ambos componentes, pero no eliminaría ninguna de ellas totalmente. Para alcanzar el equilibrio óptimo en el sistema, se deberían equilibrar las entradas y salidas estimadas en el balance y, además, este efecto tan solo mantendría el estado actual del acuífero, deteniendo su deterioro, pero no recuperando su estado natural.

La propuesta de actuación para la obtención de nuevos recursos superficiales, estrategia RANC y medidas complementarias no es suficiente para solventar de forma definitiva la problemática asociada a la SEGURIDAD HÍDRICA de la Mancomunidad, si bien es un primer paso, muy significativo, para su consecución.

La propuesta de actualización del Proyecto Noroccidental está dimensionada y abierta a nuevas ampliaciones y la estrategia RANC se puede seguir optimizando, lo que, unido a una política de consumo eficiente y fomento de la creación de zonas de recarga artificial, etc., daría lugar a que la consecución de la misma fuera viable a mediano plazo.

Por último indicar que, de acuerdo con el estudio económico comparativo, basado fundamentalmente en un análisis de los costos derivados de la obtención y puesta a disposición de estos nuevos recursos hídricos, obtenidos mediante aguas superficiales transvasados de recursos del Alto Motagua, mediante la “actualización del Proyecto Noroccidental”, frente a la obtención de ese mismo volumen de recursos, mediante aguas subterráneas, mediante un supuesto de construcción de una batería de pozos en el acuífero del Valle de la Ciudad de Guatemala, se demuestra que la alternativa A, de obtención de nuevos recursos superficiales mediante la actualización del Proyecto Noroccidental, es mucho más beneficiosa que la alternativa B, de suministro de agua mediante aguas subterráneas.

El coste importante de inversión de la alternativa A está compensado por su vida útil mayor y unos costos de explotación del sistema mucho más económicos, frente a los correspondientes a la alternativa B, de aguas subterráneas. Destacar también en este caso su facilidad de explotación.

La situación actual del recurso es preocupante y requiere que se empiecen a tomar medidas de inmediato para poder garantizar la seguridad hídrica del área metropolitana de Ciudad de Guatemala. En caso contrario y si se mantiene un perfil inmovilista al respecto, teniendo en cuenta los escenarios de cambio climático previstos para Guatemala y los resultados obtenidos, es imposible garantizar el abastecimiento de la población a futuro. Esta situación se ve agravada por ser el valle el centro neurálgico de la actividad económica de la República de Guatemala, que se vería gravemente dañada ante un abastecimiento irregular y escaso.

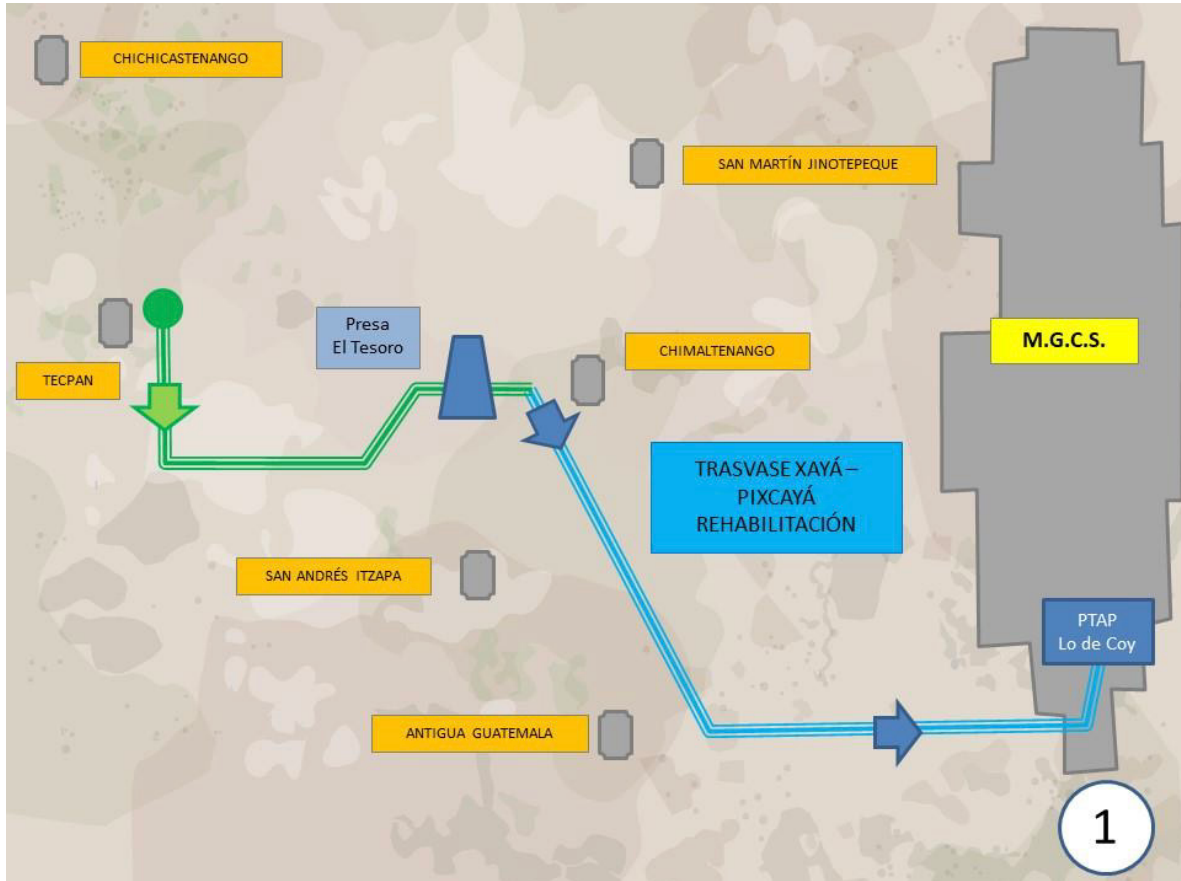


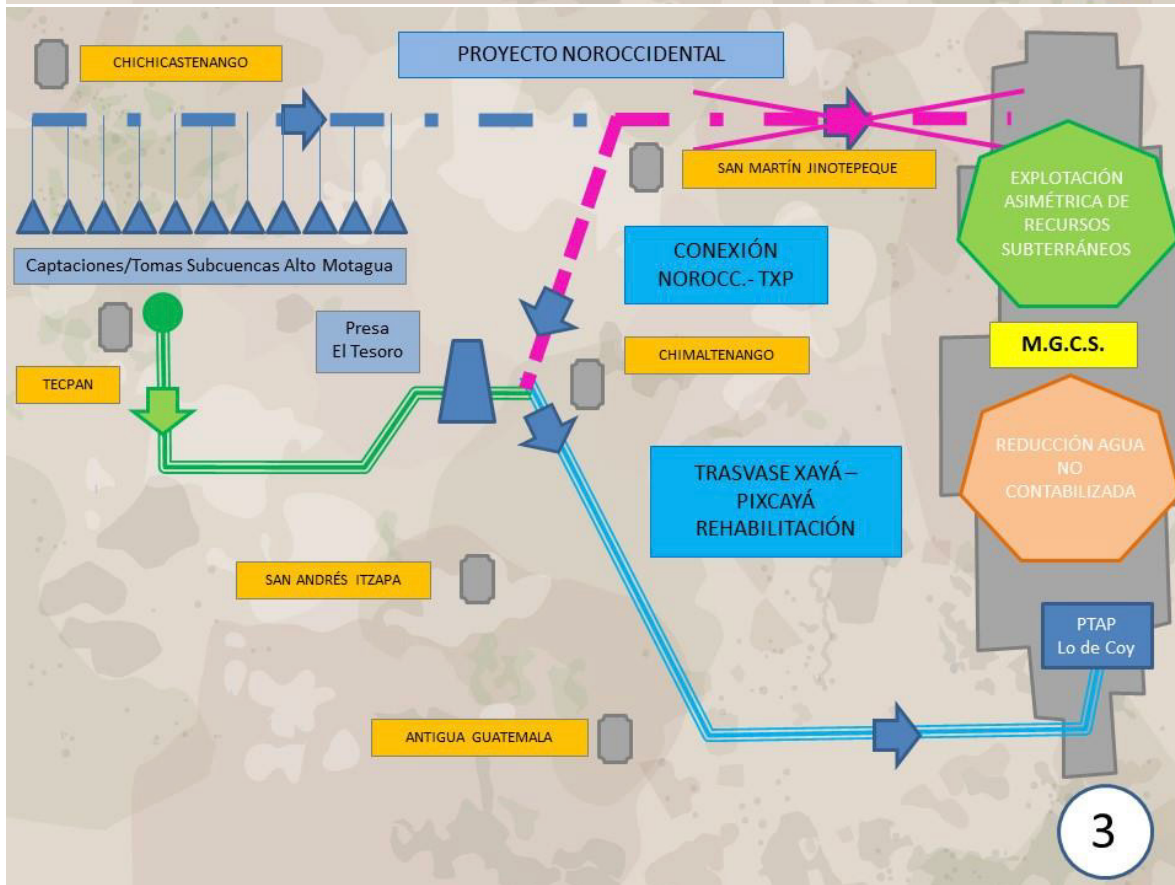
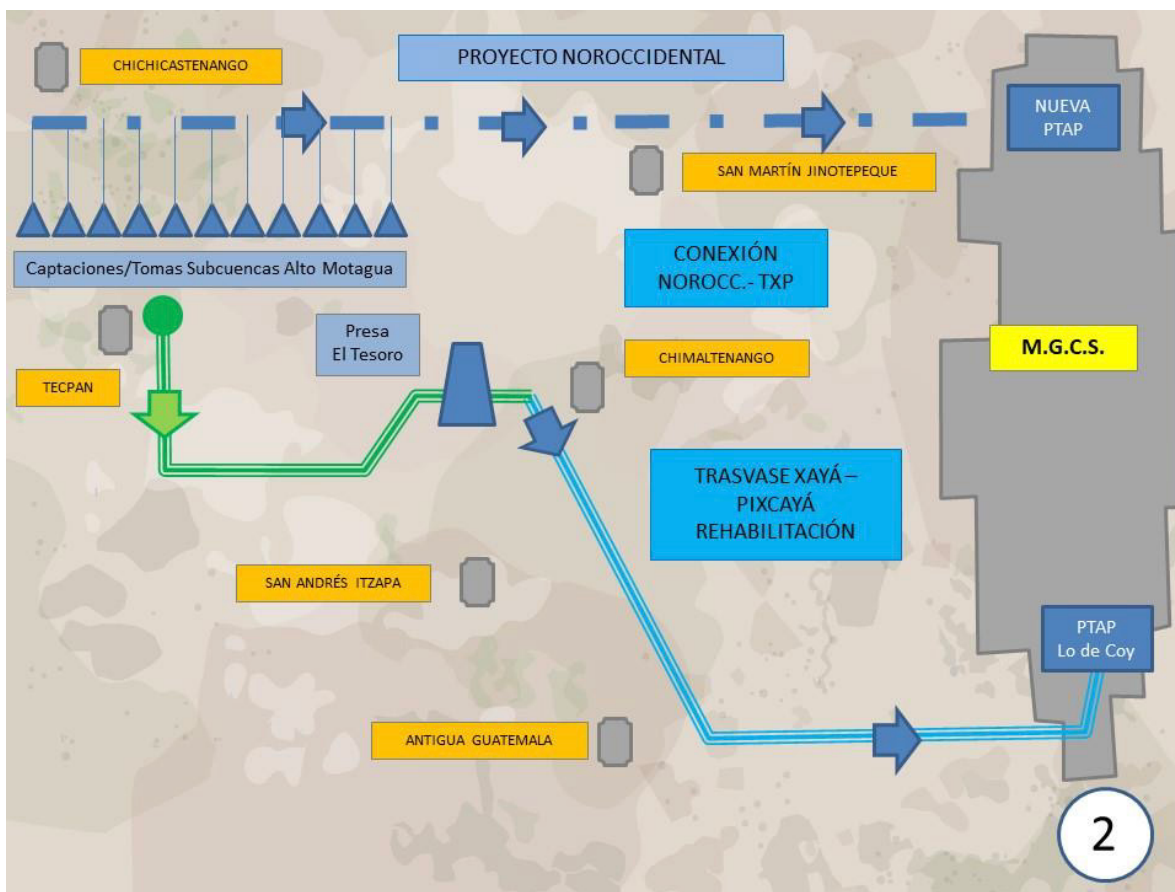
8

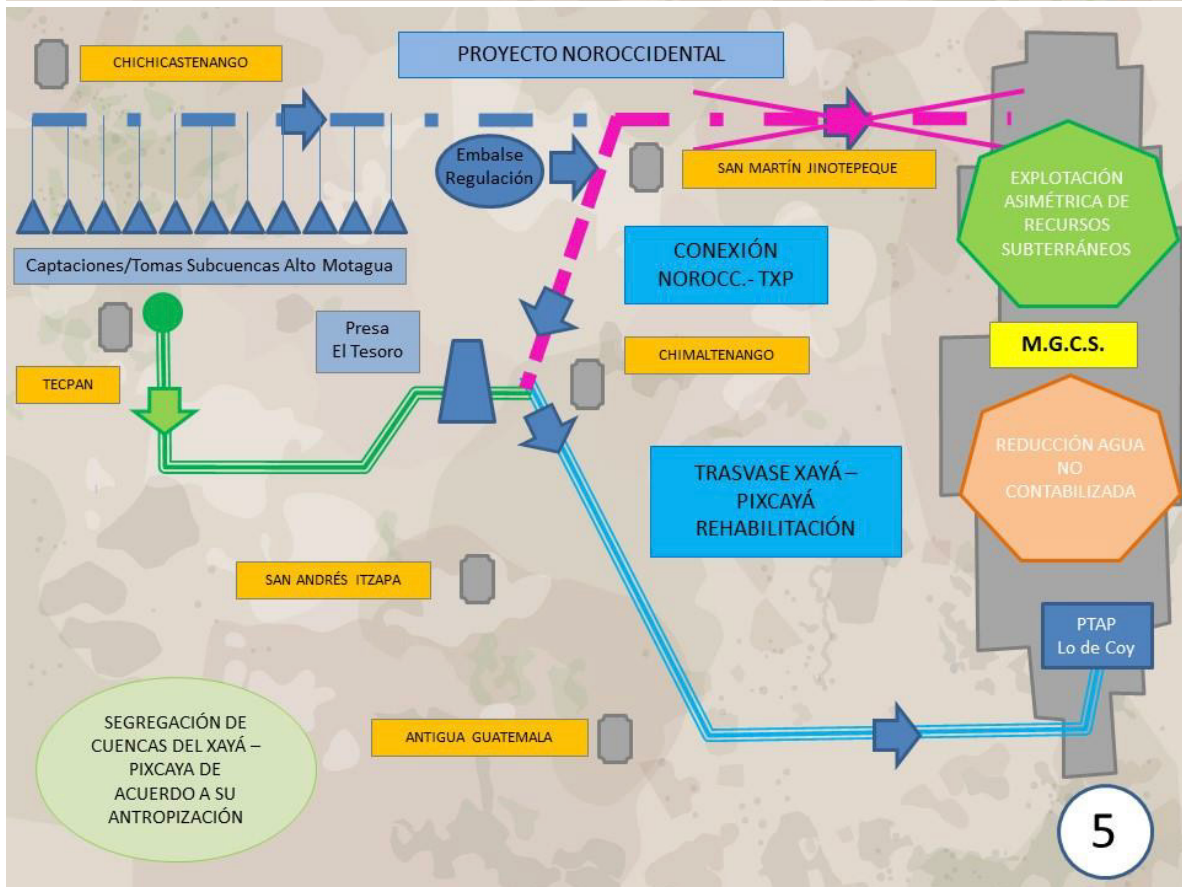
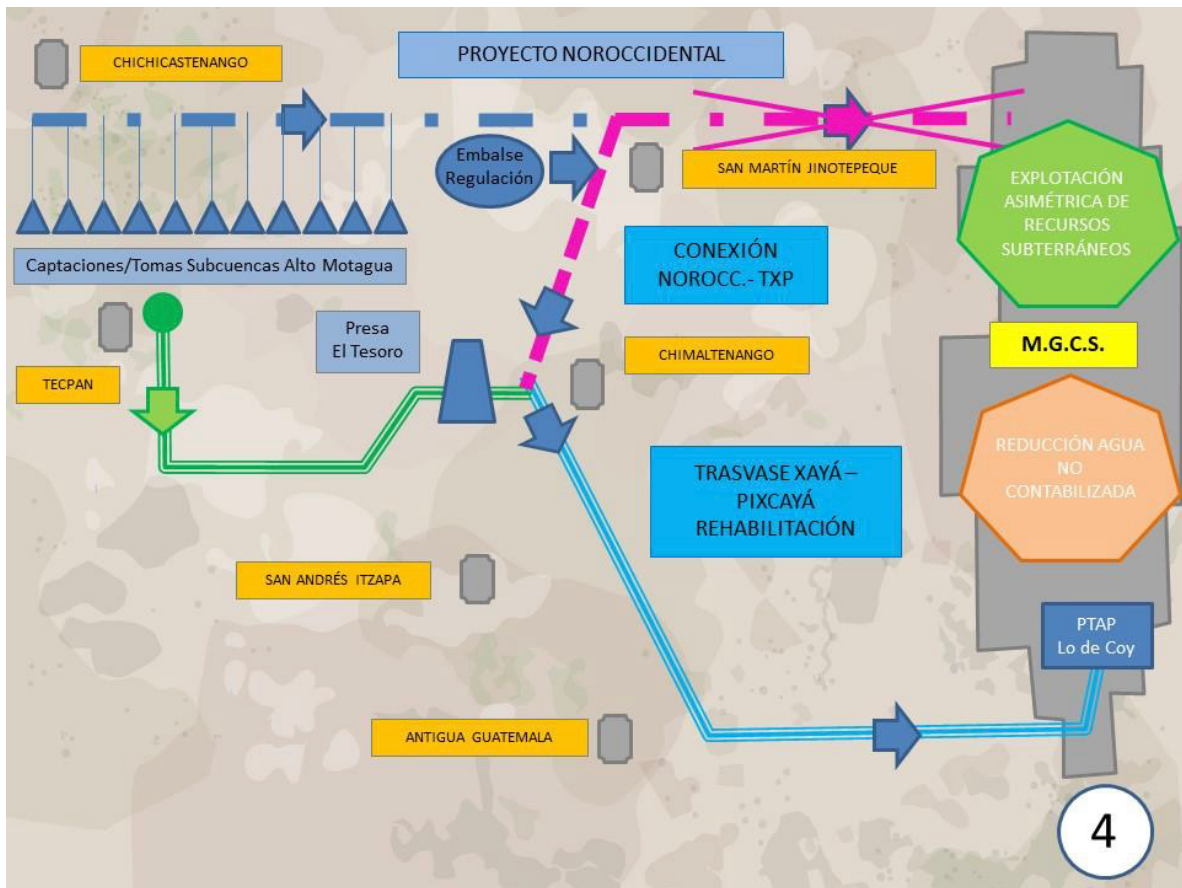
Esquema resumen de la estrategia de seguridad hídrica planteada

A continuación, se incluye el esquema-resumen de la estrategia de seguridad hídrica para los municipios de la Mancomunidad Gran Ciudad Del Sur, compatible con una explotación sostenible del acuífero del Valle de la Ciudad de Guatemala de acuerdo con la siguiente sucesión:

- 1 Situación actual.
- 2 Situación actual complementada con primera concepción del Proyecto Noroccidental.
- 3 Situación actual con la propuesta de actualización del Proyecto Noroccidental: incorporación del mismo a cabecera del trasvase Xayá – Pixcayá, procediendo a su rehabilitación para restituir su capacidad hidráulica de diseño. Los nuevos recursos permiten la explotación asimétrica de los recursos del acuífero del Valle de la Ciudad de Guatemala. Se aplican estrategias de Reducción de Agua No Contabilizada (RANC).
- 4 Se incorpora regulación en cola de trasvase para optimización y máximo aprovechamiento de los recursos.
- 5 Segregación de cuencas menos antropizadas del sistema Xayá – Pixcayá. Incorporación directa de las aguas segregadas a cabecera del trasvase.
- 6 Aprovechamiento de recursos subterráneos del Alto Guacalate y Antigua Guatemala, a través del trasvase Xayá – Pixcayá. Drenaje vertical/recarga artificial de acuífero con “sobrantes” de época húmeda de la actualización del Proyecto Noroccidental.







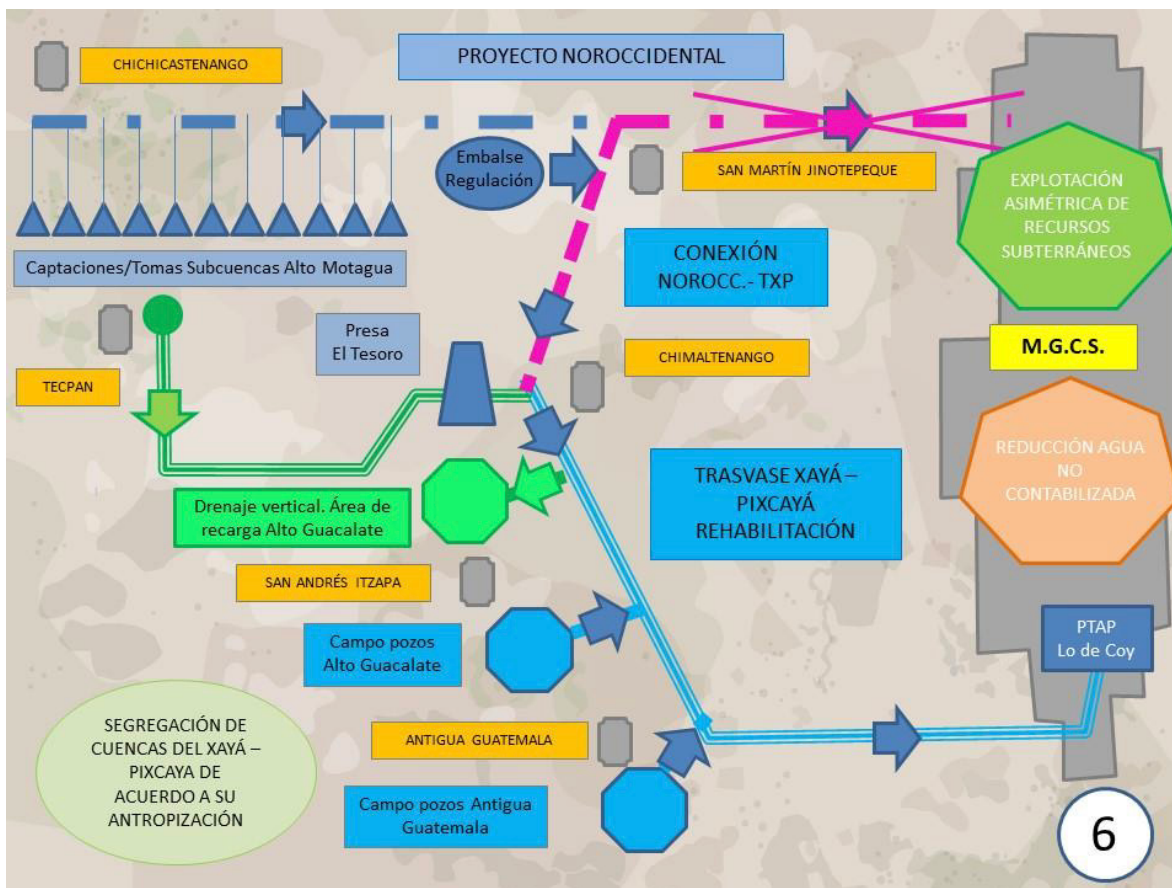


Figura 13 Planteamiento y enfoque general de la estrategia de seguridad hídrica. Fuente: Tragsatec.

Resumen ejecutivo

Estrategia de **seguridad hídrica** para los municipios de la **Mancomunidad Gran Ciudad del Sur**, compatible con una explotación sostenible del **acuífero** del Valle de la **Ciudad de Guatemala**