

Ordenamiento territorial estratégico teniendo en cuenta la escasez de agua debido al cambio climático en El Alto, Bolivia

Linda Shi, Marisa Escobar, Brian Joyce y James Kostaras

© 2013 Lincoln Institute of Land Policy

**Lincoln Institute of Land Policy
Documento de trabajo**

Los resultados y conclusiones de este Documento de Trabajo reflejan la opinión de los autores y no han sido sometidas a una revisión detallada por el personal del Lincoln Institute of Land Policy.

Si tiene alguna pregunta o quiere reproducir este documento, póngase en contacto con el Instituto Lincoln: help@lincolnst.edu

Lincoln Institute Product Code:

Resumen

La ciudad de El Alto, en el altiplano de Bolivia, es vulnerable al cambio climático debido a la disminución de los recursos hídricos en la región y sus limitaciones socioeconómicas, fiscales y de gobernanza. La extensión de El Alto se podría duplicar para el año 2050 si continúa con la tendencia de desarrollo urbano exhibida hasta el presente. Las agencias nacionales e internacionales están ampliando la infraestructura para el suministro de agua, pero no se ha atendido la vulnerabilidad financiera de la ciudad y de la empresa prestadora del servicio de agua para ampliar la red de distribución. Los residentes periurbanos, incluyendo los migrantes desplazados por la sequía rural y los residentes urbanos que dependen exclusivamente del aprovisionamiento de agua por tuberías, correrán el riesgo de escasez y contaminación del agua, y aumentos inesperados en las tarifas. A pesar de que la relación entre la sequía y el ordenamiento territorial urbano no está bien estudiada, este caso sugiere que el manejo del crecimiento urbano debe jugar un papel importante en la adaptación climática en las zonas áridas. Además de la oferta de infraestructura, los esfuerzos de adaptación en el sector hídrico deberían desarrollar la capacidad institucional de El Alto para manejar el crecimiento urbano y promover la resiliencia frente a la sequía por parte de la comunidad.

Palabras clave: adaptación al cambio climático, vulnerabilidad, planificación urbana, gestión de agua, altiplano, Andes, Bolivia, modelos hídricos, WEAP

Sobre los autores

Linda Shi es una planificadora ambiental urbana que trabaja en la restauración de servicios ambientales urbanos en países en vías de desarrollo, particularmente en la gestión hídrica integrada. Actualmente, es estudiante de doctorado en planificación urbana en el Instituto Tecnológico de Massachusetts. Entre 2010 y 2012 fue asociada de investigación del Instituto para el Desarrollo Urbano Internacional (I2UD), donde realizó evaluaciones ambientales y planes urbanos para ciudades y regiones en Haití y Tanzania, fue una de las autoras del primer *Informe sobre el estado de las ciudades árabes* de la ONU-Hábitat, y realizó trabajos para I2UD en adaptación climática. Antes de trabajar para el I2UD, fue coordinadora de un programa regional en Bangkok, Tailandia, en la implementación del programa de Cooperación Ambiental-Asia de USAID acerca del agua y salubridad. Allí dirigió una evaluación de siete países sobre el uso e impacto de la salubridad urbana en Asia del Sur y Sudeste, y estableció sociedades mentoras de pares entre empresas de suministro de agua en distintos países para mejorar la prestación de servicios básicos en ciudades asiáticas. También trabajó para el Instituto Rocky Mountain en Colorado en la regeneración ambiental de corredores fluviales industriales. Linda obtuvo un título profesional y una maestría en Gestión Ambiental de la Escuela Forestal y de Estudios Ambientales en la Universidad de Yale, una maestría en Planificación Urbana de la Escuela de Diseño de la Universidad de Harvard y en la actualidad está estudiando un doctorado en Planificación Urbana en el MIT.

Contacto:

Ms. Linda Shi
Asociada de Investigación
lshi@i2ud.org
Institute for International Urban Development
2235 Massachusetts Avenue
Cambridge, MA 02140 USA
Tel: (617) 492-0077
Fax: (617) 492-0046

Marisa Escobar realiza investigaciones que se concentran en la creación de vínculos entre los procesos físicos y los sistemas socio-ecológicos. Usando sus conocimientos y experiencia en gestión hídrica, incluyendo la calidad, la física y el movimiento del agua a través de las cuencas, ha trabajado en la generación de información sobre las implicaciones de las decisiones acerca del agua sobre el ecosistema en general. Está particularmente interesada en el nexo entre energía, agua y alimento en el papel que juega la hidroenergía en el desarrollo sostenible. Su foco geográfico es California (donde reside) y América Latina (de donde proviene). Desde que su vinculación al Instituto del Ambiente de Estocolmo (SEI, por sus siglas en inglés) en el 2007, Marisa ha utilizado el Sistema de Planificación y Evaluación del Agua (WEAP, por su sigla en inglés) desarrollado por el mismo instituto, como su herramienta principal de análisis. En América Latina, está trabajando en la promoción del uso de WEAP a través de proyectos como el estudio del impacto del cambio climático sobre la gestión de recursos hídricos en

Perú, financiado por el Banco Mundial, y su utilización como herramienta analítica para respaldar las negociaciones de mecanismos de distribución de beneficios en los ríos andinos, financiado por el Programa de Desafío Global sobre Agua y Alimentos del CGIAR. Marisa es Ingeniera Civil de la Universidad Javeriana de Bogotá, Colombia, tiene una maestría en Ingeniería Civil y Ambiental de la Universidad de Los Andes en Bogotá; una maestría en Ingeniería en el mismo campo de estudios de la Universidad de California, Berkeley; y un PhD. en Ciencias Hidrológicas de la Universidad de California, Davis.

Contacto:

Dr. Marisa Escobar
Científica Senior
marisa.escobar@sei-us.org
Stockholm Environment Institute
133 D Street, Suite F
Davis, CA 95616 USA
Tel: (530) 753-3035
Fax: (530) 753-3477

Brian Joyce realiza investigaciones que se concentran en el desarrollo de herramientas de soporte a la toma de decisiones para evaluar varias estrategias operacionales en los sistemas de gestión de recursos hídricos. Ha participado en el desarrollo y la aplicación de bases de datos y herramientas utilizadas para el análisis de recursos hídricos con casos nacionales e internacionales. Antes de vincularse al Instituto del Ambiente de Estocolmo en su sede en Estados Unidos (SEI-US, por sus siglas en inglés), Brian trabajó en el Natural Heritage Institute, donde sus investigaciones se concentraron en definir estrategias creativas para equilibrar las demandas de agua para uso en agricultura, urbano y ambiental en sistemas de gestión hídrica. Ha trabajado extensamente con los modelos de simulación del sistema hídrico de California, utilizado por las agencias gubernamentales para la planificación hídrica integrada del Estado. Brian ha utilizado este modelo para investigar los depósitos de aguas subterráneas y su uso combinado potencial, y para identificar flexibilidades operativas prometedoras que realcen el caudal fluvial para los peces y la restauración del hábitat ribereño. También investiga el desarrollo de prácticas de gestión para mitigar la escorrentía de agua y pesticidas de las huertas. Brian obtuvo un PhD. en ciencias hidrológicas de la Universidad de California, Davis en 2005.

Contacto:

Dr. Brian Joyce, Científico Senior
brian.joyce@sei-us.org
Stockholm Environment Institute
11 Curtis Avenue
Somerville, MA 02144 USA
Tel: (617) 627-3786
Fax: (617) 449-9603

James Kostaras, experto con sede en Boston, ha asesorado proyectos de desarrollo y planificación en Haití, México, Chile, África del Norte y el Medio Oriente. Como planificador urbano y ex-director de planificación municipal, ha trabajado por más de 30 años en planificación municipal en los Estados Unidos y en agencias de desarrollo, dirigiendo iniciativas de renovación urbana en ciudades que enfrentan desinversión económica. Ha sido director de proyecto de la Autoridad de Renovación de Boston (Boston Redevelopment Authority) desde 1985 hasta 2002, y Director Ejecutivo de la Oficina de Planificación Estratégica y Desarrollo Comunitario de la Ciudad de Somerville entre 2004 y 2007. Allí, lanzó una gran estrategia de desarrollo económico que atrajo por anticipado más de \$1.500 millones de dólares en inversiones tanto públicas como privadas en la ciudad, y aseguró más de \$40 millones de dólares en financiamiento estatal y federal para viviendas económicas, parques, transporte e infraestructura. Sus proyectos han merecido el Premio de Honor del Instituto Norteamericano de Arquitectos para el Diseño Urbano en 2001; el Premio a la Planificación Integral de la Asociación Norteamericana de Planificación Capítulo Massachusetts y el Premio de Excelencia del Congreso del Capítulo Nuevo Urbanismo. Es arquitecto registrado y miembro del Instituto Norteamericano de Arquitectos y del Instituto Norteamericano de Planificadores Certificados. James es Arquitecto de RISD y su Maestría en Arquitectura en Diseño Urbano de la Escuela de Diseño de la Universidad de Harvard.

Contacto:

Sr. James Kostaras
Asociado de Investigación Senior
kostaras@i2ud.org
Institute for International Urban Development
2235 Massachusetts Avenue
Cambridge, MA 02140 USA
Tel: (617) 492-0077
Fax: (617) 492-0046

Agradecimientos

Los autores agradecen a las personas que apoyaron la investigación. Beth-Sua Carvajal, Hernando Quisbert Sánchez y Nilo Alberto Lima realizaron un trabajo de campo intenso de apoyo al equipo por medio de entrevistas, obtención de datos y el desarrollo del modelo WEAP para el suministro de agua de El Alto. Carolina Morgan y Warren Hagist proporcionaron ayuda adicional con la investigación y el desarrollo de mapas desde Cambridge, Mass, y John Driscoll y François Vigier revisaron e hicieron comentarios sobre el borrador del documento. Quisiéramos agradecer a toda la gente de El Alto y La Paz, quienes generosamente nos compartieron su tiempo, sus conocimientos e información; en particular, esta investigación no hubiera sido posible sin el respaldo de EPSAS, la compañía local metropolitana de agua y alcantarillado, al compartir la información que tenía en su poder y brindar opiniones críticas.

Índice

Resumen ejecutivo.....

1. ¿Cómo afectará el cambio climático la disponibilidad de agua en El Alto?.....
2. ¿Cómo afectará el cambio climático los patrones de urbanización de El Alto?.....
3. ¿Quiénes serán más vulnerables durante la futura escasez de agua?... **Error! Bookmark not defined.**
4. ¿Cómo pueden influir las estrategias del uso eficiente del agua en el ordenamiento territorial?**Error! Bookmark not defined.**
5. ¿Qué respuestas del ordenamiento territorial pueden mejorar la equidad de acceso al agua y reducir la vulnerabilidad a la futura escasez de agua?**Error! Bookmark not defined.**

Objetivos, cuestiones clave y metodología.....

¿Cómo afectará el cambio climático la disponibilidad de agua en El Alto?.....

¿Cómo afectará el cambio climático los patrones de urbanización de El Alto?.....

Migración y Urbanización determinada por el clima

Patrones de desarrollo urbano en El Alto

Conceptualización del crecimiento urbano en El Alto

¿Quiénes serán más vulnerables durante la futura escasez de agua?.....**Error! Bookmark not defined.**

Vulnerabilidad Fiscal de la Empresa prestadora del servicio de agua potable y alcantarillado

¿Cómo pueden influir las estrategias del uso eficiente del agua en el ordenamiento territorial?.....**Error! Bookmark not defined.**

Reducción de pérdidas de agua

Conservación en el uso del agua

Reuso y Reciclaje de la aguas residuales

Impacto del uso del suelo sobre la demanda de agua

¿Qué respuestas del ordenamiento territorial pueden mejorar la equidad de acceso al agua y reducir la vulnerabilidad a la futura escasez de agua?..**Error! Bookmark not defined.**

Fortalecer la capacidad institucional para el manejo integrado del agua y el uso del suelo

Promover la resiliencia urbana y la eficiencia en el uso del agua

Promover herramientas para avanzar en la implementación de la resiliencia del agua urbana

Conclusión.....Error! Bookmark not defined.

Anexo 1: Metodología para armonizar los datos de uso de agua y del suelo .Error! Bookmark not defined.

Anexo 2: Cambio climático en Los Andes.....Error! Bookmark not defined.

Referencias

Lista de figuras

Figura 1 - Esquema del modelo WEAP para El Alto/La Paz	5
Figura 2 - Glaciares y ríos que suministran agua a El Alto y La Paz	7
Figura 3 - Demanda anual histórica total y proyectada y suministro de agua en El Alto	7
Figura 4 - Recesión del área de glaciares para escenarios climáticos para el período 2011-2050	8
Figura 5 - Suministro de agua a El Alto (en MMC/año).....	9
Figura 6 - Programas para mejorar el suministro de agua para la ciudad de El Alto a lo largo del tiempo	10
Figura 7 - Suministro de agua actual (en rosado) y potencial (en verde claro) de cuencas alternativas para El Alto según PPCR/SPCR	10
Figura 8 - Eventos de El Niño/La Niña comparados con la tasa de crecimiento del PIB agrícola entre 1991 y 2007	11
Figura 9 - Crecimiento de población en El Alto entre 1950 y 2001	12
Figura 10 - Crecimiento de El Alto en la década de 2000	13
Figura 11 - Densidades zonificadas en El Alto, conforme a pautas de USPA.....	13
Figura 12 - Diagrama conceptual de la cantidad de suelo requerida para acomodar la población adicional en 2050 dada la densidad de la urbanización futura .	17
Figura 13 - Extensión de la red de agua de El Alto en 1997, 2009.....	19
Figura 14 - Extensión de la red de alcantarillado de El Alto en 1997, 2009	19
Figura 15 - Uso total anual de agua por recorrido en El Alto	26
Figura 16 - Uso de agua por cliente por recorrido en El Alto.....	26
Figura A1.- Mapa de recorridos de EPSAS en el mapa de zonificación de El Alto.....	35
Figura A2.- Mapa de límites previos a 2010 y redistribución de distritos en 2010.....	35
Figura A3.- Desaparición del glaciar Chacaltaya (1940-2005)	37

Lista de tablas

Tabla 1 – Escenarios propuestos	4
Tabla 2 – Cambios en precipitación, temperatura y caudal anual promedio de agua en 3 sistemas para condiciones históricas (1995-2010) y 6 escenarios climáticos (2035-2050).....	8
Tabla 3 – Población de El Alto y La Paz – Datos históricos y crecimiento proyectado	12
Tabla 4 – Especificaciones de zonificación del USPA.....	15
Tabla 5 – Densidad real vs. zonificada en El Alto	15
Tabla 6 – Posible crecimiento urbano y escenarios de uso del suelo para El Alto en el año 2050	16
Tabla 7 – Tarifas de agua residenciales de Bolivia	18
Tabla A1. Población estimada de distritos para 2011	34
Tabla A2. Población estimada por área de zonificación de acuerdo a los clientes por recorrido.....	35

Ordenamiento territorial estratégico teniendo en cuenta la escasez de agua debido al cambio climático en El Alto, Bolivia

Resumen ejecutivo

La ciudad de El Alto, Bolivia está ubicada a 4.080 metros sobre el nivel del mar, en el altiplano semiárido arriba de La Paz. Depende de agua superficial para el 80 por ciento de su suministro de agua, gran parte de la cual proviene del descongelamiento del hielo glacial y de la precipitación. Ambos, según los pronósticos, disminuirán significativamente debido al cambio climático. En este momento crítico en que los actores internacionales, nacionales y locales están trabajando en las principales decisiones de inversión para hacer frente a los retrasos de infraestructura actuales y las necesidades futuras, esta investigación propone evaluar la relación entre el ordenamiento territorial, el acceso al agua y el consumo de agua. Se mantiene una brecha crítica en la planificación de la investigación sobre la relación entre la escasez actual de agua y su empeoramiento en el ordenamiento territorial, tanto en ambientes áridos de baja altitud como en comunidades montañosas, que son afectadas por la desaparición del hielo glacial, mientras que el papel de la planificación urbana en la mitigación del riesgo de inundación se comprende mejor. Esta investigación trata de abordar esta brecha de investigación respondiendo a las siguientes preguntas.

1. ¿Cómo afectará el cambio climático la disponibilidad de agua en El Alto?

Debido a la limitada capacidad de almacenamiento existente, incluso sin tener en cuenta el cambio climático, se espera que la demanda de agua en El Alto exceda la oferta para el año 2018. El Alto depende del descongelamiento de hielo glacial para suplir entre el 30 y el 60 por ciento de su suministro total de agua; la masa de hielo glacial ya se está reduciendo o desapareciendo y se prevé que siga disminuyendo considerando que se estima que la temperatura aumentará hasta en 2°C en el 2050. La mayoría de los modelos pronostican que la escorrentía superficial en las cuencas que suministran agua a El Alto se reducirá entre un 20 y un 40 por ciento, mientras que otros modelos muestran que la afluencia total que fluye a los reservorios de El Alto se reducirá en un 6 por ciento en el 2050. Las variaciones entre estaciones y entre años pueden ser mucho más erráticas, en particular debido al fenómeno de El Niño y La Niña. Si bien, los estudios y proyectos de infraestructura que se están realizando con respaldo nacional e internacional, seguirán ampliando la capacidad de almacenamiento y reduciendo la exposición física, el cambio climático, también exacerbará la vulnerabilidad social y económica de los residentes de El Alto y de la empresa prestadora del servicio de agua. Esto debe ser abordado a través de proyectos actuales y propuestos de manejo del agua.

2. ¿Cómo afectará el cambio climático los patrones de urbanización en El Alto?

Los períodos anteriores de crecimiento acelerado de la población en El Alto coinciden con los eventos de El Niño y La Niña que causaron sequías, inundaciones y declinaciones precipitadas en la productividad agrícola. Por ejemplo, de 1976 a 1992, un período de gran inestabilidad agrícola en Bolivia, la población de El Alto creció más del 9 por ciento anual. La sequía rural, como también la intensificación de tormentas que provocan deslizamientos de tierra en La Paz, seguirán fomentando la migración a El Alto, con un

pico en los años de sequía, cuando el suministro de agua urbana estará en su punto más limitado. Es necesario realizar estudios adicionales de migración estacional en El Alto, y escenarios que simulen condiciones extremas de migración y sequía necesitan ser examinados en los modelos actuales de suministro regional de agua, como el tamaño y ubicación de nuevos sistemas de almacenamiento y distribución.

La topografía plana de El Alto es propicia para un desarrollo extensivo y los asentamientos de dormitorios periurbanos se extienden desde los sectores más antiguos de la ciudad. Las inversiones pasadas en vías arterias radiales y circunferenciales en El Alto, la influencia del aeropuerto en el centro de la ciudad, y el incremento de los precios de la tierra en el centro de la ciudad y en las áreas de servicios, impulsan la demanda de tierra en la periferia para los nuevos migrantes. El gobierno municipal, con déficit de personal y de recursos, no ha podido desarrollar planes y alternativas al crecimiento orientados al sector de la construcción. Entre 2000 y 2010, la población de la ciudad creció un 54 por ciento, mientras que el área urbanizada de la ciudad creció en un 144 por ciento. Si bien El Alto podría acomodar a la mayoría de los nuevos residentes para el 2050 dentro del área urbanizada existente, si esta fuera construida para densidades zonificadas, la continuación de las tendencias pasadas podría conducir a que la ciudad duplique su área para el 2050. El crecimiento también se está extendiendo más allá de los límites de la ciudad de El Alto, hacia la municipalidad vecina de Viacha, lo cual exige una mayor coordinación intermunicipal en el suministro de servicios y manejo del crecimiento.

3. ¿Quiénes serán los más vulnerables durante la futura escasez de agua?

La vulnerabilidad de El Alto y su capacidad de adaptación a la futura escasez de agua también se deriva de sus limitaciones socioeconómicas y fiscales. La mayoría de la población está compuesta por recientes migrantes rurales, que no están acostumbrados a pagar por el agua, ni por impuestos sobre la propiedad. Mientras que fuertes asociaciones sociales de la ciudad han permitido con éxito que las comunidades reclamen la prestación del servicio y presionen a EPSAS para que amplíen las redes, El Alto depende por completo del financiamiento de donantes para expandir y modernizar su red de suministro de agua, y de los subsidios del sistema hídrico de La Paz para cubrir sus gastos operativos. Estas dos condiciones son susceptibles a cambios en la política nacional y a fluctuaciones en la disponibilidad y asignación de financiamiento por parte de los donantes. Aunque EPSAS ha aumentado el número de conexiones de agua en El Alto en más de un 40 por ciento desde que comenzó sus operaciones en 2007, una duplicación del área de servicio sería financieramente desalentadora, sobre todo a la luz de la reorganización propuesta de las empresas prestadoras del servicio de agua del país. La expansión urbana irrestricta de la ciudad crea una amenaza financiera para EPSAS o para cualquier empresa prestadora del servicio de agua que sirva a El Alto en el futuro, lo que al final impactará a las comunidades periurbanas que necesiten conexiones de agua.

Toda la ciudad es altamente vulnerable a la escasez de agua en momentos de sequía y a los embotellamientos en la red de distribución; ya han comenzado racionamientos de agua en algunas partes de la ciudad. El riesgo se distribuye de manera irregular, con los hogares periurbanos dependiendo de tomas de agua, agua en camiones y pozos comunales, que corren un mayor riesgo de contaminación, la caída del nivel freático, las interrupciones de servicio y las fluctuaciones de tarifas. Los migrantes rurales, algunos de

ellos huyendo de los desastres agrícolas ocasionados por el clima, se establecen en áreas periféricas donde la tierra es más barata. Ellos serán los más vulnerables a la escasez de agua, tanto desde el punto de vista físico como económico. Sin embargo, los residentes del núcleo urbano que dependen completamente de EPSAS, y cuyos edificios de varios pisos dificultan el uso de sistemas de recolección de agua de lluvia, tanques de almacenamiento de agua y pozos comunales, asimismo, están menos preparados para hacer frente a la escasez de agua.

4. ¿Cómo pueden influir las estrategias de uso eficiente del agua en el ordenamiento territorial?

Las estrategias de gestión de la demanda, como la reducción de pérdidas de agua y el reciclado de aguas residuales para uso industrial podrían ayudar a reducir las demandas futuras de agua urbana. Estas estrategias tienen implicaciones claras para la planeación y desarrollo del uso del suelo. Un mapeo del consumo de agua en la ciudad puede ser usado para resaltar zonas que consumen más, en general y por cliente. Se está desarrollando un proyecto de mapeo de la industria por parte del Departamento del Medio Ambiente de El Alto que deberá documentar las características de uso del agua industrial y ayudar a determinar si el programa nacional de reutilización de aguas residuales podría proporcionar incentivos, como préstamos rotativos a industrias y empresas para reducir su consumo de agua. Los usuarios residenciales urbanos, quienes tienden a tener inodoros con cisterna, pueden ser población objetivo del nuevo programa nacional de eficiencia de inodoros.

5. ¿Qué respuestas del ordenamiento territorial pueden mejorar la equidad de acceso al agua y reducir la vulnerabilidad a la futura escasez de agua?

De acuerdo con nuestro análisis y discusiones con los actores locales, este estudio identificó oportunidades potenciales de arriba hacia abajo y de abajo hacia arriba para reducir la vulnerabilidad local a la escasez de agua debido al cambio climático. Dado que los proyectos en curso se centran en infraestructura a gran escala, estas estrategias destacan las medidas necesarias para reducir el riesgo del usuario debido al cambio climático en el contexto de El Alto en forma más amplia. Confiamos en que los organismos nacionales e internacionales, como el MMAyA, el BID y el Banco Mundial, tendrán en cuenta estas estrategias no tradicionales en sus programas de adaptación climática y de financiamiento hídrico. Las principales estrategias incluyen las siguientes:

Fortalecer la capacidad técnica y el financiamiento de la Oficina de Ordenamiento Territorial para planificar y aplicar el desarrollo del suelo y reducir la expansión periurbana y los costos de distribución del agua. Modificar los requisitos de EPSAS para la ampliación de servicios con el fin de cumplir los objetivos de densidad y resiliencia, y hacer uso de los incentivos que tienen las comunidades, para cumplir estas metas.

Integrar la planificación del desarrollo, del recurso hídrico y de la infraestructura mediante la creación de un comité de trabajo interdisciplinario a nivel municipal con participación comunitaria, estrategias de resiliencia frente al agua y la densificación que involucre a las organizaciones comunitarias más representativas de la ciudad.

Aunque el agua no es el único factor en la planificación urbana, el análisis integral del agua y otras obras de infraestructura en la planificación del desarrollo es fundamental para realizar inversiones de manera eficiente.

Como parte de la **densificación** y mejoramiento del desarrollo urbano, se recomienda la promoción del uso eficiente del agua, la reducción de fugas de agua y la reutilización de aguas residuales, como también la creación de redes verdes para filtrar la escorrentía, minimizar la contaminación y promover la recarga de los acuíferos. Construir infraestructura redundante, como sistemas de recolección y almacenamiento comunal, para aumentar la resiliencia comunitaria a la sequía.

Objetivos, cuestiones clave y metodología

La relación entre la actual y creciente escasez de agua y el ordenamiento territorial, tanto en ambientes áridos de baja altura como en comunidades montañosas afectadas por la desaparición del hielo glacial, sigue siendo una brecha crítica en la planificación de la investigación. La literatura en el incipiente campo de la adaptación, como mínimo, no se ha ocupado de cómo la planificación urbana en la práctica puede promover una mayor eficiencia en el uso de los recursos hídricos y resiliencia frente a condiciones de sequía (Agudelo-Vera et al., 2011). Usando El Alto como caso de estudio, esta investigación considera las siguientes preguntas:

1. ¿Cómo afectará el cambio climático la demanda y oferta de agua en El Alto?
2. ¿Cómo afectará el cambio climático los patrones de urbanización en El Alto?
3. ¿Quiénes serán los más vulnerables durante la futura escasez de agua?
4. ¿Cómo puede planificarse el uso del suelo con estrategias de uso de agua eficiente?
5. ¿Qué respuestas de planificación de uso del suelo pueden mejorar la equidad de acceso al agua y reducir la vulnerabilidad a la futura escasez de agua?

La investigación se basó en estudios teóricos y en una visita de campo inicial en marzo de 2012, que incluyó entrevistas y un taller que presentó el proyecto a las partes involucradas locales, y recogió sus opiniones por medio de grupos de trabajo. Como parte del análisis, el equipo desarrolló dos escenarios de uso del suelo (ver Tabla 1) y proyectó su impacto sobre la demanda de agua usando la herramienta de modelación WEAP. En una segunda visita a Bolivia en octubre de 2012 presentamos estas propuestas y nuestras conclusiones preliminares a las partes involucradas locales, incluyendo la Empresa Pública Social de Agua y Saneamiento (EPSAS) y al Ministerio de Medio Ambiente y

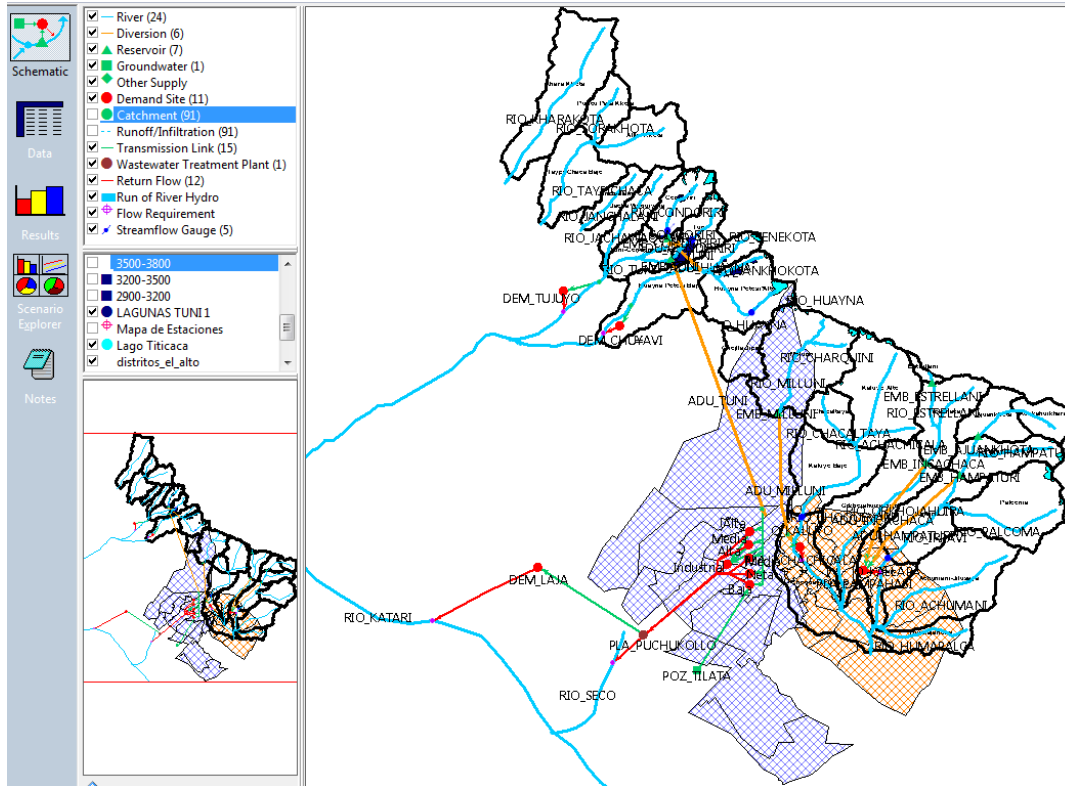
Agua de Bolivia (MMAyA), quienes brindaron sus opiniones sobre la viabilidad de integrar el ordenamiento territorial con las inversiones en infraestructura hídrica. También consultamos a departamentos y agencias de planificación urbana en diferentes niveles gubernamentales en El Alto y La Paz, que están involucradas indirectamente en la gestión hídrica, y evaluamos la capacidad institucional local para implementar las recomendaciones propuestas.

Tabla 1. Escenarios propuestos

Escenario de tendencia	Escenario alternativo
<ul style="list-style-type: none"> • Tasa de crecimiento constante (3 millones de personas para el año 2050) • Desarrollo extensivo, con alguna densificación en áreas existentes, pero en su mayoría continuando con la expansión periférica de crecimiento de baja densidad. • Falta de capacidad para manejar y controlar el crecimiento urbano 	<ul style="list-style-type: none"> • Tasa de crecimiento constante (3 millones de personas para el año 2050) • Densificación significativa de áreas existentes, concentrándose en la ampliación y mejoramiento del suministro de agua y otra infraestructura; las nuevas áreas de desarrollo urbano tienen densidades mayores que la tendencia actual; expansión hacia la periferia significativamente menor. • El gobierno municipal, en colaboración con los vicealcaldes y las asociaciones comunitarias y las organizaciones, respalda y guía el crecimiento urbano.

WEAP es una herramienta de planificación de recursos hídricos utilizada para representar las condiciones hídricas actuales, evaluar las implicaciones de los cambios en la oferta y demanda de agua, y explorar la efectividad de distintas intervenciones físicas y/o políticas para equilibrar objetivos operativos contrapuestos. Ha sido ampliamente utilizada para apoyar la planificación colaborativa de los recursos hídricos, proporcionando un marco de referencia de análisis común y de gestión de datos para involucrar a las partes interesadas y a los tomadores de decisiones en un proceso de planificación abierto (de Condappa et al, 2009; Hoellermann et al, 2010; Sandoval-Solis y McKinney, 2010). En el contexto de la planificación hídrica para las ciudades de El Alto y La Paz, Bolivia, un grupo de discusión liderado por el MMAyA está usando WEAP para evaluar la vulnerabilidad de El Alto y La Paz frente a los efectos del cambio climático e identificar estrategias para mejorar la resiliencia climática. El modelo simula los principales procesos hidrológicos de las cuencas (lluvia-escorrentía y nieve, y acumulación/descongelamiento de glaciares) y el uso agregado de agua urbana (Ver Figura 1). Ha sido desarrollado como herramienta para evaluar los cambios geofísicos en las cuencas de abastecimiento y evaluar las intervenciones estructurales para mitigar impactos adversos anticipados del cambio climático. Este estudio ofrece esta herramienta para considerar las implicaciones del uso del agua de los diferentes patrones de desarrollo en El Alto.

Figura 1. Esquema del modelo WEAP para El Alto/La Paz



La obtención de datos de consumo de agua para este proyecto fue más difícil de lo esperado y planteó un reto importante, como es el caso de muchos estudios realizados en países de bajos ingresos como Bolivia. El último censo se realizó en 2001, con el cual se pudo hacer un mapa de los datos a nivel de distrito, pero éstos no estaban suficientemente desagregados, y no se pudo trazar un mapa preciso de la cantidad de población en los sub-distritos. En la actualidad se está planificando un nuevo censo, con el respaldo del Banco Mundial. Dado que el tema de investigación es altamente sensible y politizado, los datos de uso de agua puestos a disposición del público por la empresa local prestadora del servicio de agua EPSAS, fueron limitados. EPSAS proporcionó los datos totales de consumo de agua y el número de clientes por recorrido, pero estos datos no estaban desglosados por tipo de usuario (es decir, comercial, industrial, residencial), lo cual es fundamental para comprender la demanda urbana. El Departamento de Catastro de El Alto estuvo dispuesto a compartir sus mapas y datos, pero no contaba con cifras recientes y actualizadas de población, uso del suelo y valor de la tierra. Está a punto de iniciar un levantamiento pictométrico en 3D que generará una base de datos completa del desarrollo constructivo en la ciudad. Además, en el año 2010, El Alto redefinió sus límites distritales, cuya subdivisión pasó de 10 distritos a 14. Fue necesario armonizar los datos existentes para los 10 o 14 distritos antes de poder compararlos.

Como indicador de las estimaciones actualizadas de población a nivel de subdistrito, utilizamos los datos de EPSAS sobre sus clientes a nivel de recorrido (ver el anexo 1 para obtener información adicional sobre la armonización de datos). A falta de mejores datos, nuestro análisis simplificó los cálculos y modificó los escenarios para estudiar el impacto

de la urbanización sobre el consumo de agua. Con esto se busca proporcionar una metodología sobre cómo considerar el nexo entre estos dos sectores, que se podrá aplicar cuando se disponga de datos más actualizados.

¿Cómo afectará el cambio climático la disponibilidad de agua en El Alto?

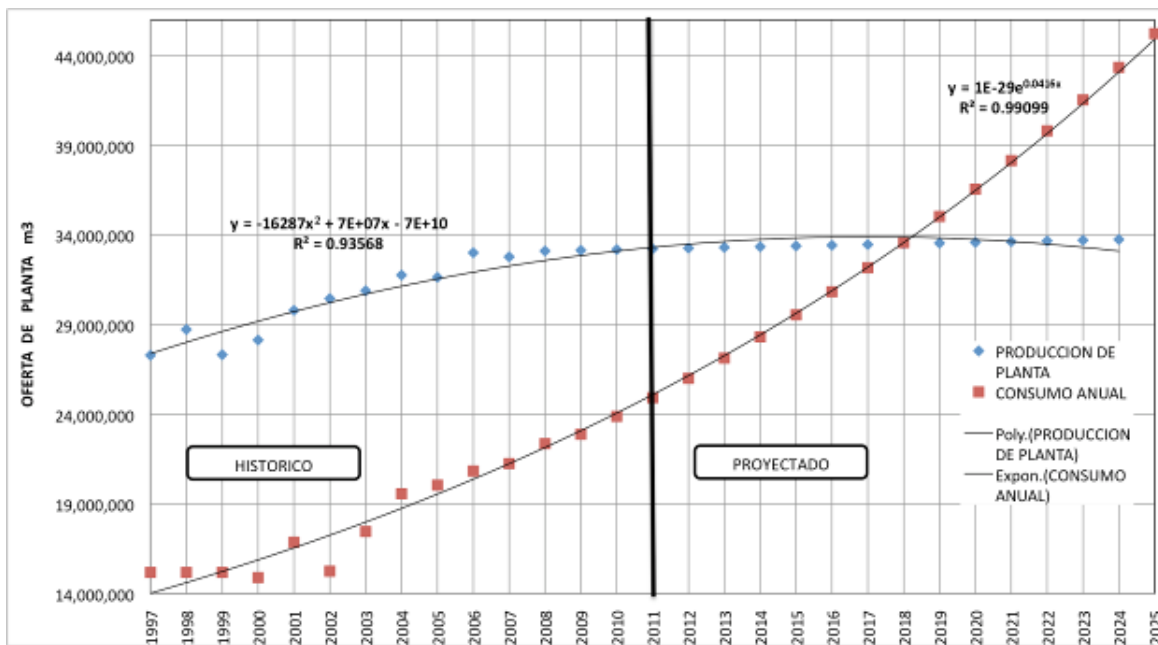
El Alto en Bolivia, es la ciudad a mayor altitud y de gran tamaño, presenta quizás el ejemplo más agudo de la crisis que enfrentan las ciudades del altiplano que dependen de glaciares para su abastecimiento de agua. Ubicada a 4.080 metros sobre el nivel del mar, en un altiplano 400 metros arriba del valle de La Paz, El Alto tiene un clima semiárido, con sólo entre 300 y 600 milímetros de lluvia al año. Está ubicada en la cuenca del Río Katari, que desemboca en el Lago Titicaca, mientras que La Paz hace parte de la cuenca del Río Amazonas. Debido a los recursos hídricos limitados en la subcuenca de El Alto, la ciudad depende de transferencias de agua de otras tres sub-cuencas -Tuni, Condoriri y Huayna Potosí- para el 80 por ciento de su consumo (Figura 2). Esto incluye el descongelamiento del hielo glacial, como también la escorrentía superficial y el movimiento de agua subterránea. Debido a las complejas interacciones entre glaciares, evapotranspiración y flujos superficiales/sub-superficiales, la estimación de la proporción de agua de El Alto que proviene de glaciares varía entre el 30 y 60 por ciento (Banco Mundial, 2008b; Painter, 2007). Para el 20 por ciento restante, El Alto depende de una colección de 27 pozos de 160 metros de profundidad que bombean agua a la zona sur de la ciudad. Aun sin tener en cuenta el cambio climático, se estima que la demanda de agua en El Alto superará la oferta para el año 2018, debido a la limitada capacidad de almacenamiento y el crecimiento explosivo de la ciudad (Figura 3; IHH, 2012). En contraste, La Paz está creciendo más lentamente. En el período 1992-2001, su tasa de crecimiento cayó al 1,1 por ciento, y tiene más fuentes hídricas disponibles. El cambio climático empeorará la escasez de agua existente. El proyecto PPCR/SPCR (ver más abajo) elaboró modelos detallados de las cuencas, los glaciares y el sistema operacional, y evidenció cambios importantes en el área del glaciar (Figura 4) y en el suministro de agua para seis escenarios climáticos, desde una situación hipotética optimista hasta una pesimista (Tabla 2). Los escenarios climáticos A1 de IPCC en 2007 muestran reducciones en el área de los glaciares, y la mayoría de los escenarios climáticos de IPCC muestran una reducción en el caudal de agua para las cuencas de Tuni, Khara Khota y Taypichaca.

Figura 2. Glaciares y ríos que suministran agua a El Alto y La Paz



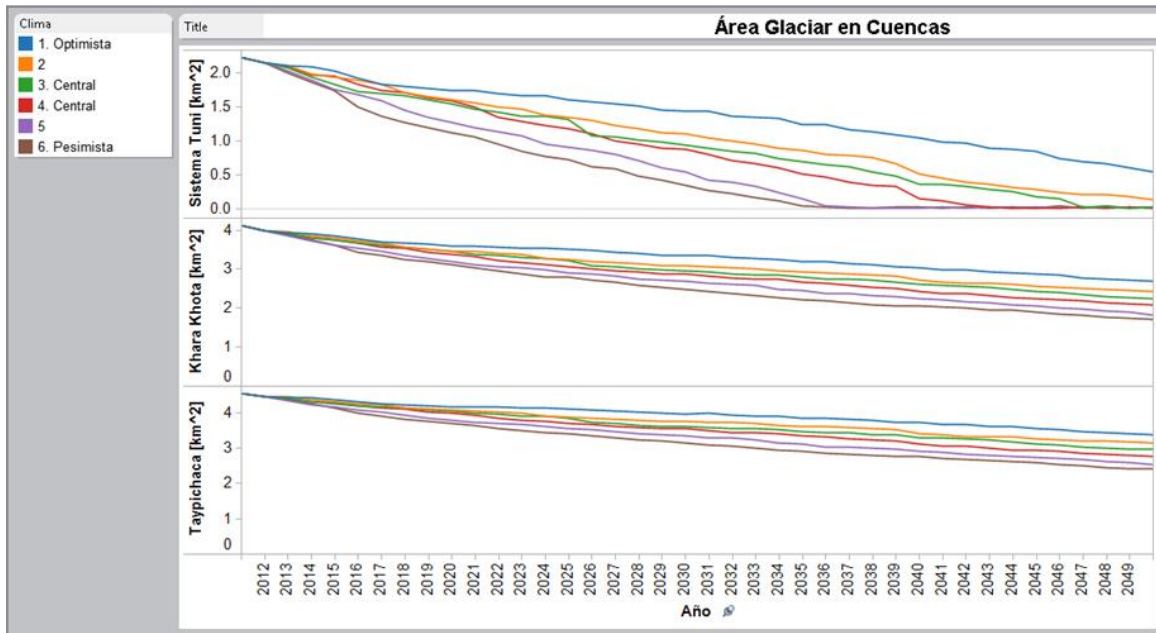
Fuente: IHH-UMSA 2012

Figura 3. Demanda anual proyectada e histórica total y suministro de agua en El Alto



Fuente: IHH, 2012

Figura 4. Retroceso del área de glaciar para escenarios climáticos para el período 2011-2050



Fuente: PPCR/SPCR, 2012

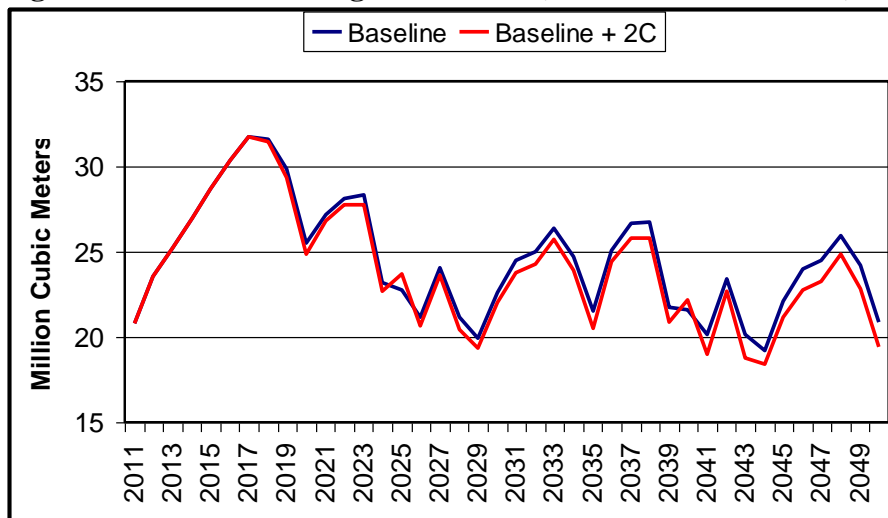
Tabla 2. Cambios en precipitación, temperatura y caudal anual promedio en 3 sistemas para condiciones históricas (1995-2010) y 6 escenarios climáticos (2035-2050)

Escenario climático	Precipitación (cambio en % con respecto a datos históricos)	Temperatura (cambio en °C con respecto a datos históricos)	Fracción del caudal anual promedio con respecto a condiciones históricas		
			Sistema Tuni	Cuenca Khara Khota	Cuenca Taypichaca
Histórico	N/C	N/C	0,95	1,05	1,32
Futuro-1 optimista	+4,3	+0,5	1,04	0,72	1,08
Futuro-2	+3,5	+0,8	1,02	0,67	1,01
Futuro-3 central	-0,8	+1,0	0,95	0,66	0,99
Futuro-4 central	-3,0	+1,2	0,94	0,64	0,95
Futuro-5	-7,3	+1,5	0,79	0,59	0,89
Futuro-6 pesimista	-10,3	+1,8	0,81	0,60	0,91

Fuente: PPCR/SPCR, 2012

Para modelar el sistema hídrico de El Alto, nuestro análisis WEAP utilizó datos de las Proyecciones de Cambio Climático Regional del proyecto Ensemble Multi-modelo (RCPM), proporcionados por el Centro Nacional de Investigación Atmosférica (National Center for Atmospheric Research, o NCAR), para estimar las condiciones climáticas futuras. El proyecto RCPM usa técnicas estadísticas para calcular el cambio climático futuro esperado para una región específica, basándose en datos observacionales y resultados de una serie de modelos climáticos globales (UCAR, 2007).¹ Estos datos sugieren que las cuencas que suministran agua a El Alto y La Paz pueden esperar un aumento de temperatura de casi 2°C para el año 2050, mientras que los pronósticos de precipitación anual y mensual oscilan entre una reducción del diez por ciento y un aumento del cuatro por ciento, en comparación con datos históricos recientes. En el modelo WEAP, la aplicación de un ascenso de 2°C *sólo* para el año 2050 dio como resultado una reducción del 6 por ciento en el caudal anual entrante a los reservorios principales de suministro de agua, con respecto a los niveles de 2011, aunque las variaciones estacionales y entre años pueden llegar a ser mucho más erráticas, debido a los eventos de El Niño y La Niña (Figura 5). Como consecuencia, los reservorios se llenan menos, lo cual restringe aún más el suministro de agua a El Alto, más allá de la simulación de base (sin cambio climático), que ya estaba bombeando casi a plena carga para cumplir con la creciente demanda de agua.

Figura 5. Suministro de agua a El Alto (en millones de m³/año)



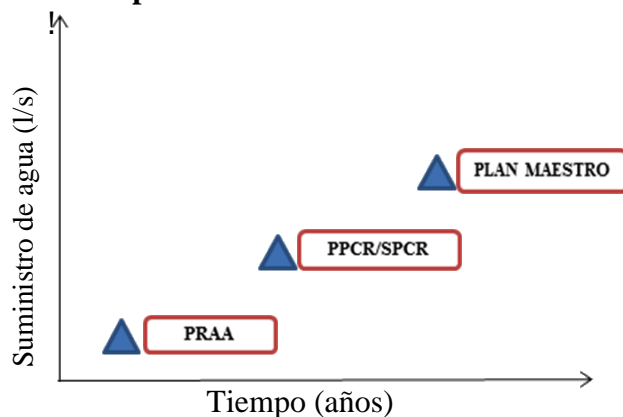
Baseline = Línea de Base

Million Cubic Meters = Millones de metros cúbicos

¹ Datos y análisis de RCPM provistos por el Instituto de Matemáticas Aplicadas a las Geociencias ([IMAGE](http://image.ncar.edu)) en NCAR, basados en el modelo del conjunto de datos multi-modelo del Proyecto de Inter-comparación de Modelos Acoplados, Fase 3 (WCRP CMIP3) del Programa de Investigación Climática Mundial. Se puede obtener más información en rcpm.ucar.edu. © 2006, UCAR. Todos los derechos reservados.

Dada la urgencia de la situación, se están realizando una serie de estudios nacionales e internacionales para identificar estrategias inmediatas con el fin de aumentar el suministro de agua a El Alto.² El MMAyA está explorando distintos niveles de intervención, con el apoyo del Banco Interamericano de Desarrollo (BID), que podrían mejorar el lado de la oferta de la ecuación. En la actualidad, el Proyecto de Adaptación al Impacto del Retroceso Acelerado de Glaciares en los Andes Tropicales, o PRAA, financiado por Global Environment Facility, está identificando iniciativas de corto plazo para mejorar la disponibilidad de agua, aunque en forma limitada. A largo plazo, el BID está financiando una iniciativa para canalizar recursos del Fondo de Inversión Climática, bajo el Programa Piloto para Resiliencia Climática/Plan Estratégico para la Resiliencia Climática (*Pilot Program for Climate Resilience/Strategic Plan for Climate Resilience*, o PPCR/SPCR) para obtener agua de las cuencas adyacentes para El Alto (Figura 6). Se prevé que los diseños y estudios de viabilidad serán terminados en 2013, y la construcción finalizará en 2018. Finalmente, el Plan Maestro Metropolitano de Agua y Saneamiento de El Alto y la Paz, iniciado en 2012 por el MMAyA con financiamiento del BID y la Agencia Española de Cooperación Internacional para el Desarrollo (AECID) debería proporcionar un alcance adicional y una planificación de largo plazo para obtener fuentes de agua adicionales para la ciudad. Estos esfuerzos son complementados por otras iniciativas.³

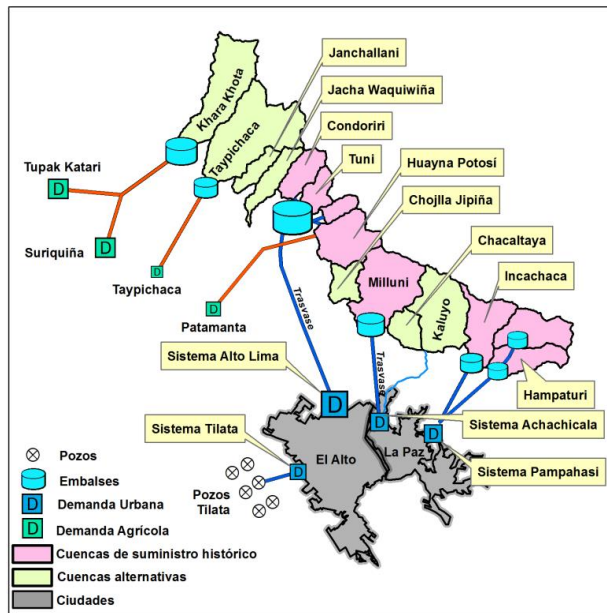
Figura 6. Programas para mejorar el suministro de agua para la ciudad de El Alto en el tiempo



² Éstas incluyen: El proyecto Peñas, financiado por MMAyA para identificar fuentes alternativas de agua en las sub-cuencas alrededor de El Alto; el proyecto GRANDE, financiado por JICA, para el estudio de glaciares, que se finalizó en 2015; el trabajo de modelación de HEC-HMS por IHH y la investigación sobre suministros alternativos para El Alto; el proyecto COMPANDES financiado por CGIAR para desarrollar modelos WEAP para las cuencas de El Alto y La Paz terminado en 2012; y la creación de modelos WEAP, financiada por el BID, para cuencas que rodean El Alto y La Paz, incluyendo capacitación para los usuarios locales.

³ Aunque El Alto también tiene acceso a acuíferos, las opciones de suministro por gravedad desde los embalses de alta montaña y bocatomas son las principales alternativas de interés, debido al costo de bombear aguas subterráneas.

Figura 7. Suministro actual (en rosa) y potencial de cuencas alternativas (en verde claro) para El Alto, según PPCR/ SPCR



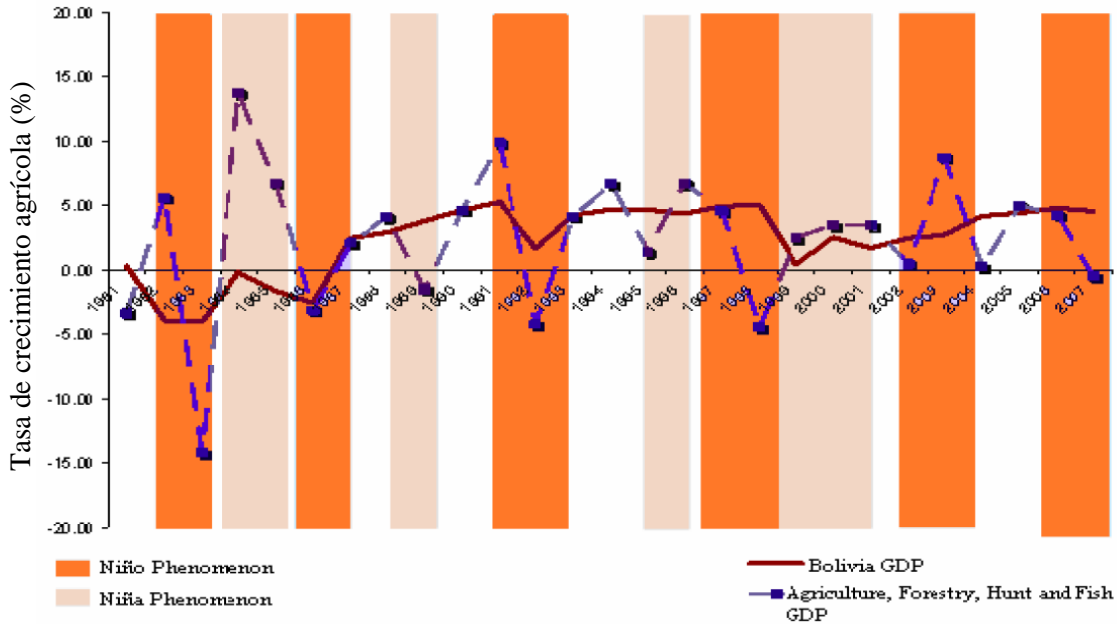
Fuente: PPCR/SPCR, 2012

¿Cómo afectará el cambio climático los patrones de urbanización en El Alto?

Migración y urbanización determinada por el clima

La región metropolitana de El Alto, La Paz y Viacha forma el área urbana más grande de Bolivia, y es donde está ubicado el gobierno nacional y el centro de comercio principal del país. Debido a la disponibilidad y bajo precio de la propiedad con respecto a La Paz, El Alto se ha convertido en el mayor polo de crecimiento de Bolivia, con una de las tasas de crecimiento más altas del hemisferio occidental. Entre 1976 y 1992, El Alto creció un 9,2 por ciento por año; entre 1992 y 2001, un 5,1 por ciento por año; y desde 2001 al presente, alrededor del 3,7 por ciento por año (ver Tabla 3; INE, 2001; Calizaya et al., 2012). Los patrones históricos de crecimiento de población en El Alto sugieren que las pérdidas de cosechas debido a climas inestables han contribuido a la rápida urbanización de El Alto.

Figura 8. Eventos de El Niño/La Niña comparados con la tasa de crecimiento de PIB agrícola entre 1991 y 2007

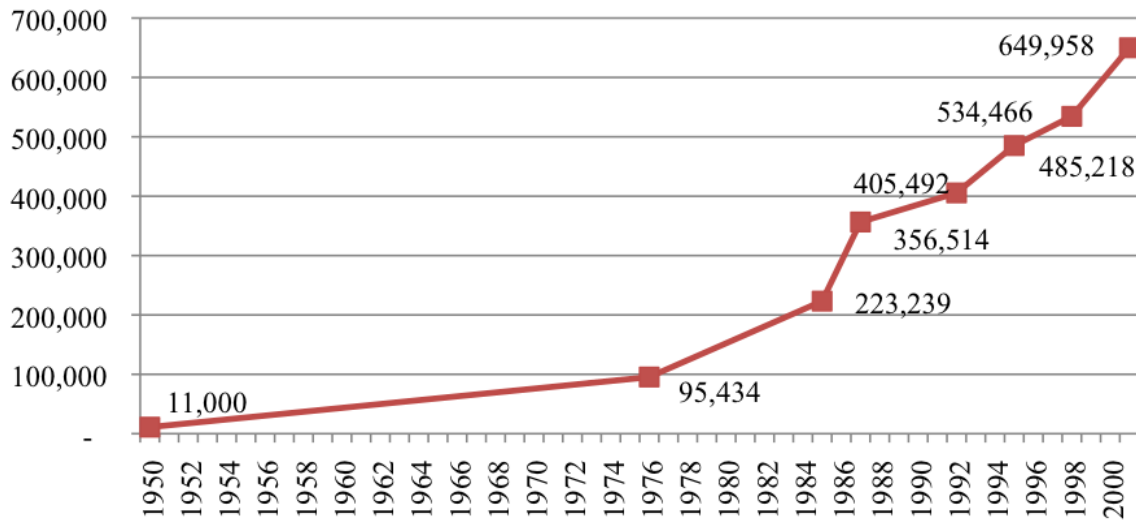


Fuente: Lordemann y Aguilar Salas, 2009

Niño Niña Phenomenon	Fenómeno de El Niño, de la Niña
Bolivia GDP	PIB de Bolivia
Agriculture, Forestry, Hunt and Fish GDP	PIB de Agricultura, Bosques, Caza y Pesca

A partir de las décadas de 1980 y 1990, se han intensificado los eventos de El Niño, que causan sequías y heladas, con eventos moderados a fuertes que se presentaron entre 1982-83, 1986-87, 1991-92, 1994-95, 1997-98, 2002-03 y 2007 (Figura 8). Eventos severos de La Niña entre 1988-89 y 1999-2000, causaron fuertes lluvias, inundaciones y deslizamientos de tierra en las colinas que rodean La Paz. Estos patrones climáticos, y en particular los eventos de El Niño, han causado pérdidas de cosechas y un crecimiento negativo de la agricultura. El ciclo 1997/98 causó una pérdida del 7 por ciento en el PIB, o \$530 millones de dólares, del cual el 53 por ciento fue causado por las sequías en el altiplano (Banco Mundial, 2008b). Dado que el sector de la agricultura emplea al 40 por ciento de la población boliviana, que incluye el 80 por ciento de la población rural, no es sorprendente que los cambios climáticos también coincidan con los períodos de mayor crecimiento de población en El Alto (Lordemann y Aguilar Salas, 2008). Durante 1985-87 se presentó un período de pérdidas inesperadas de cosechas, donde las tasas de crecimiento de El Alto llegaron a ser del 30 por ciento, o de 65.000 personas por año (Figura 9). Las reformas nacionales a la minería desplazaron a 30.000 mineros entre 1985-86, de los cuales 25.000 se mudaron a El Alto, agravando la migración causada por el clima.

Figura 9. Crecimiento de población en El Alto de 1950 a 2001



Fuente: INE, varias

Tabla 3. Población de El Alto y La Paz – Datos históricos y crecimiento proyectado

	1950	1976	1992	2000	2010	2025	2050
Bolivia*		4,9M.	7,0M.	8,3M.	9,9M.	12,5M	-
La Paz		539.000	723.750	1,0M.	877.363	-	-
El Alto	11.000	65.400	405.492	648.407	960.767	1,6M.	Lineal: 1,9M; Exponencial: 4,1M; Media: 3,0 M**

Fuente: INE, a menos que se indique lo contrario; *Banco Mundial; **Calizaya et al., 2012; +UN ESA

El patrón histórico de la migración determinada por el clima sugiere que las tasas futuras de crecimiento poblacional en El Alto serán afectadas por la reducción en las lluvias, que causará sequías en el altiplano, y la intensificación de tormentas, que causarán deslizamientos de tierra en el valle de La Paz. Es probable que la migración alcance un pico en los años de sequía, cuando el suministro de agua urbana sea a su vez más limitado. Este patrón de urbanización no es bien entendido a nivel local; por ejemplo, la Dirección de Planificación citó el crecimiento de La Paz y las reformas mineras como factores fundamentales en el crecimiento de El Alto, y si bien las personas entrevistadas resaltaron la rápida urbanización de El Alto, ninguna de ellas mencionó la pérdida de cosechas. Es necesario realizar estudios adicionales de migración estacional y provocada por desastres en El Alto, y se deben examinar escenarios pesimistas que combinen la migración y la sequía dentro los estudios actuales de alternativas regionales de suministro de agua.⁴ El

4 A través de este proyecto se creó un modelo WEAP simplificado de demanda de agua urbana, que se puede vincular con los modelos WEAP de suministro de agua que tienen en cuenta el cambio climático, que se encuentra bajo desarrollo por el SEI en una iniciativa financiada en la actualidad por el BID. La combinación de estos modelos, y el desarrollo adicional del modelo de demanda urbana, que requiere información adicional, indicará más claramente las brechas en la oferta y la demanda,

tamaño y la ubicación de los nuevos reservorios deberían tener en cuenta la demanda pico y los patrones de migración, para asegurar un suministro adecuado durante períodos de desastres naturales. Los planes urbanos necesitarán acomodarse y anticipar las altas tasas de migración constantes, sobre todo debido a la vulnerabilidad de los agricultores que se ven obligados a migrar debido a las pérdidas de cosechas en años malos.

Patrones de desarrollo urbano en El Alto

El altiplano que rodea El Alto es, por naturaleza, un lugar relativamente plano que tiende a tener recursos hídricos escasos. Su llanura también permite la urbanización expansiva y exige atención especial a las inversiones estratégicas en infraestructura y aplicación de incentivos económicos para detener u orientar el crecimiento. Las principales actividades comerciales y gubernamentales de El Alto se llevan a cabo en el centro urbano de La Ceja, mientras que las principales zonas industriales se extienden a lo largo de las calles principales hacia al sur y el oeste de este sector. El resto de la ciudad sirve como dormitorio a dichas áreas y a la ciudad de La Paz

Figura 10. Crecimiento de El Alto en la década de 2000

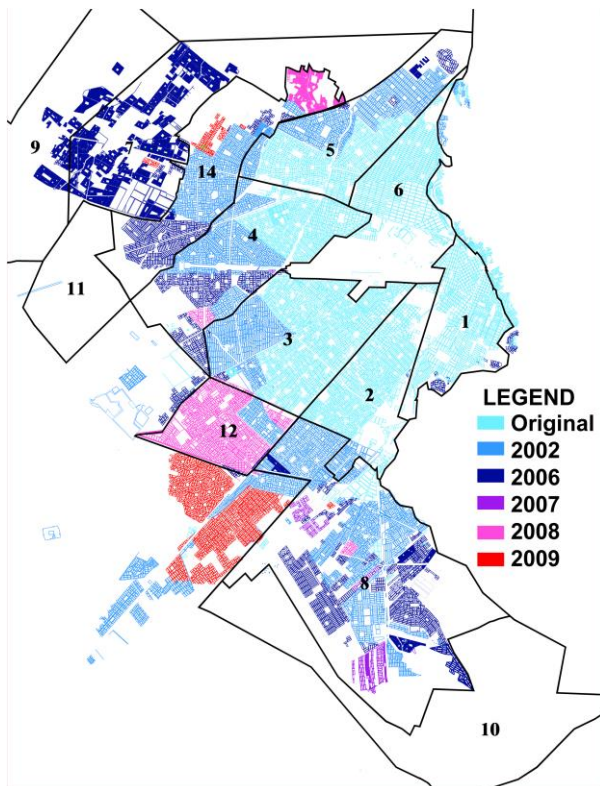
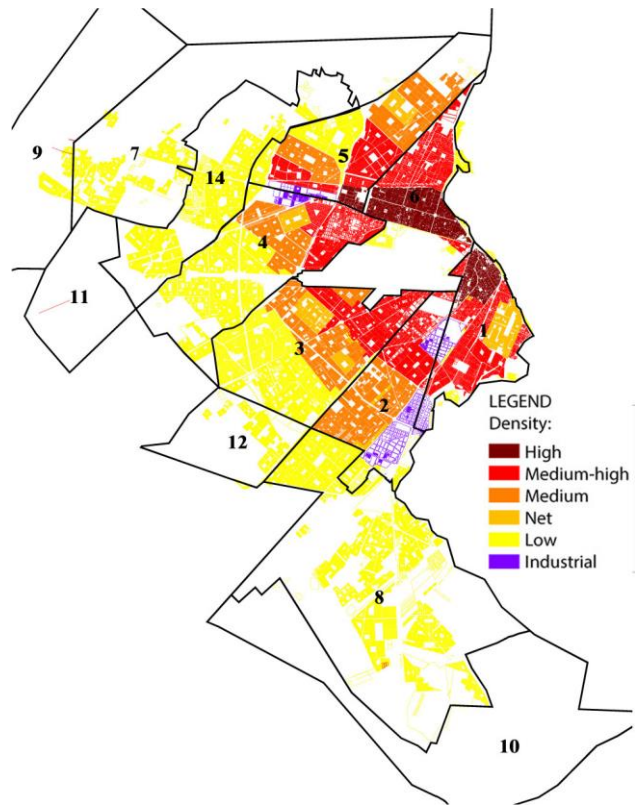


Figura 11. Densidades zonificadas en El Alto, conforme a pautas de USPA



Fuentes: Departamento del Catastro,

Legend = Leyenda; High = Alta; Medium high = media alta; médium = medio; net = neta; low = bajo; industrial = industrial

Gobierno Municipal de El Alto

Dando cumplimiento a los requisitos nacionales, el Gobierno Autónomo Municipal de El Alto (GAMEA) desarrolló un manual para el Uso del Suelo y Patrones de Asentamiento (USPA), un Plan Regulador (1999), un Plan de Ordenamiento Urbano, un Plan de Ordenamiento Urbano y Territorial (2004) y dos Planes de Desarrollo Municipal consecutivos (2001-05, 2006-2010). Estos documentos demuestran que GAMEA es claramente consciente del alto costo de la extensión de la ciudad y las implicaciones para la prestación de servicios públicos como el agua. La mayoría de los planes precedentes no han sido respaldados legalmente por el Concejo Municipal, ni implementados, y la ciudad carece de un plan maestro u otro documento de planificación física que identifique prioridades y estrategias espaciales para la gestión urbana futura. La Oficina de Ordenamiento Territorial, como gran parte del resto de GAMEA, está perpetuamente subfinanciada, no cuenta con personal suficiente, ni con la capacidad para tener previsto el desarrollo o ejecutar planes, particularmente en presencia de las poderosas organizaciones sociales de la ciudad. El Departamento de Catastro estima que la ciudad recauda solamente un décimo de los posibles ingresos por impuesto predial. En 2011, El Alto tuvo un presupuesto de 916 millones de bolívares (\$130 millones de dólares americanos), o \$1,30 dólares americanos por residente, del cual el 14 por ciento estaba destinado a obras públicas en la ciudad en general, y el 2,6 por ciento a proyectos del distrito, monto que no fue suficiente para completar ningún proyecto en el distrito ese año.

De los planes iniciales para El Alto, los componentes principales que han sido implementados son la construcción de cuatro o cinco arterias principales, como la carretera a Viacha, mientras que otras propuestas para establecer una frontera verde para el crecimiento y reubicar el aeropuerto se han dejado de lado (Zambrana, 2012). Esto ha facilitado la expansión periférica, y el crecimiento en la última década se ha extendido principalmente a lo largo de las vías radiales y circunferenciales (Figura 10). Como El Alto se ha urbanizado, la municipalidad ha continuado subdividiendo distritos previamente rurales en nuevos distritos urbanos, los cuales han crecido de seis distritos urbanos y un distrito rural en 1996 a diez distritos en 2005, y a catorce distritos (diez urbanos y cuatro rurales) en 2010. Más recientemente, el crecimiento se ha extendido más allá de los límites de El Alto a la ciudad vecina de Viacha, donde El Alto no tiene jurisdicción de planificación, y que está ubicada completamente fuera de los límites de servicio de la empresa prestadora del servicio de agua de El Alto. En contraste, la urbanización ha sido impulsada por los loteadores, quienes compran entre diez y veinte hectáreas de tierra en el área rural, contratan a un profesional para hacer un bosquejo de plan que cumpla con ciertos requisitos de zonificación básica, inician la consolidación legal del área y luego venden los lotes a migrantes. Los migrantes normalmente primero construyen una casa de estilo rural con materiales básicos, y poco a poco añaden espacios e instalaciones urbanas a medida que se adaptan a la vida en la ciudad y ahorran más dinero, antes de que finalmente mejoren la construcción con el uso de ladrillos o cemento, o agregando más pisos. La mayor parte de esta construcción se hace sin obtener permisos, que en teoría deberían tramitarse en las subalcaldías. Mientras tanto, las comunidades trabajan por medio de las asociaciones sociales para asegurar que el plan de loteo de la comunidad sea aprobado, lo cual es un requisito básico de EPSAS para instalar legalmente el servicio y ampliar los servicios de la municipalidad a la nueva área. Existe un patrón de mudanza de los hogares que se trasladan a La Paz y luego a Santa Cruz cuando reciben los servicios, repitiendo el proceso, cada vez que se mudan (Zambrana,

2012). A medida que se instalan los servicios, el valor de la tierra crece, obligando a los nuevos migrantes a asentarse en áreas más periféricas.

Uno de los entrevistados comentó que la planificación urbana de El Alto está gobernada esencialmente por la movilización *ad hoc* de las comunidades, y no al ritmo de ninguno de los planes. El cumplimiento con el USPA, en la práctica, es discrecional y sujeto a negociación. Otra persona comentó que la cultura política local en El Alto no ha sido conducente a una planificación urbana proactiva: “Los ciudadanos de El Alto no aceptan normas o regulaciones de zonificación. Se resisten a las restricciones... son muy reactivos”. No obstante, aunque los loteadores quizás no tramitan los permisos por anticipado, no se puede decir que contravienen los planes de uso del suelo, porque no existen planes de ordenamiento territorial para la ciudad. Más aún, el análisis espacial de los desarrollos comunitarios demuestra que, en su mayoría, cumplen con el USPA, sobre todo en lo referente a reservar un 40 por ciento del suelo para espacio público y derechos de paso (ver Tabla 4).

Esto sugiere que un punto de entrada para que la municipalidad aumente su gestión de crecimiento urbanístico, sería actualizar las normas del USPA y tomar medidas para facilitar su implementación. Ciertos elementos del USPA tienden a promover desarrollos urbanos de baja densidad, como los requisitos de estacionamiento y provisión de vías. Más allá de las pautas generales, el USPA no diferencia las zonificaciones y densidades por escala vial o zonas de desarrollo económico, y es mucho menos detallado y prescriptivo en su lenguaje de planificación, que para los requisitos de parcelas y edificios. Esto ha generado subdivisiones desarrolladas independientemente, que cumplen con el código en el papel pero no generan comunidades con identidades, centros o cohesión. Aún en desarrollos inmobiliarios de baja altura, es posible promover una mayor densidad reduciendo los requisitos de tamaño de lote, reduciendo el ancho estándar de las calles, y brindando pautas sobre cómo agrupar espacios designados para servicios públicos, como parques, escuelas y clínicas, con el fin de crear centros comunitarios locales.

Tabla 4. Especificaciones de zonificación del USPA

Densidad	Densidad zonificada	Tamaño mín. del lote	Coef. de edif.	Cobertura		Estacionamiento	Altura (max.)	Retiros (en metros)		
	pp/ha	m ²		Zócalo	Torre			Frente	Costado	Fondo
Alta	350-400	200	4	90%	70%	15 m ² por 200m ² edificado	5,43			3 (op)
Media alta	300-350	200	2,8	70%	70%		4,00	3 (op)	2 (op)	4 (op)
Mediana	250-300	240	2,5	60%	60%		4,17	3	3 (op)	3 (op)
Neta	200-250	250	2	70%	70%		2,86	3	2	3
Baja	100-200	250	2	60%	60%		3,33	3	3	3

Fuente: GAMEA, pautas del USPA; op = optativo; Coef. de edif.: Coeficiente de edificabilidad, que indica la superficie cubierta que se puede construir por unidad de lote; Zócalo: base/pedestal del edificio.

Tabla 5. Densidad real vs. zonificada en El Alto

Zona de densidad	Densidad neta (personas/ha)	Superficie total del suelo (ha.)+	Área del suelo en manzanas (%)	Área de suelo público (%)	Pobl. estimada 2011*	Densidad real (personas/ha)
Alta	350-400	554	68%	32%	87.603	158
Media alta	300-350	2.140	63%	37%	264.925	124
Mediana	250-300	1.647	59%	41%	187.815	114
Neta	200-250	350	51%	49%	58.408	167
Baja	100-200	5.703	59%	41%	412.737**	72

+Estas áreas son aproximadas, según las pautas de zonificación del USPA; la mayoría de los desarrollos adicionales serían en zonas de bajo densidad. *Las estimaciones de población se basan en la cantidad de clientes de EPSAS, multiplicado por la cantidad estimada de residentes por unidad familiar (5,7). ** Dado que la red de EPSAS no alcanza a todas las áreas periurbanas, la estimación de población de esta zona es menos exacta.

El Plan de Ordenamiento proporciona un mapa de densidad zonificada para El Alto que se corresponde con el USPA, y estipula densidades de 100 a 400 personas por hectárea en la ciudad (Figura 11). No obstante, al estimar la población en cada zona de acuerdo a la cantidad de clientes del servicio de agua, la densidad real de El Alto en cada una de estas áreas zonificadas parece ser de entre 70 y 160 personas por hectárea (Tabla 4). Las áreas más densas de los primeros seis distritos también son las áreas más antiguas de El Alto, y corresponden aproximadamente a las áreas que han recibido servicios de agua desde 1997 (figura 13). Se estima que habrá más desarrollo y consolidación en las áreas que recibieron servicios de agua entre 1997 y 2009. Sin embargo, teniendo en cuenta que la ciudad creció un 144 por ciento en superficie entre 2000 y 2010, mientras que la población aumentó sólo un 54 por ciento, la tendencia predominante es la expansión de asentamientos de baja densidad a lo largo de la periferia.

Conceptualización del crecimiento urbano en El Alto

Como ejercicio conceptual para comprender cómo el crecimiento proyectado de la población se traduciría en demanda de suelo urbano, desarrollamos dos escenarios hasta el año 2050 (Tablas 1 y 6). En ambos escenarios, la población aumenta a 3 millones en el 2050, teniendo en cuenta los niveles moderados del cambio climático y la migración provocada por desastres. En el primer escenario, las áreas actualmente desarrolladas experimentan alguna densificación, y albergan a 354.000 personas adicionales, de un total de alrededor de 1 millón en la actualidad. Para acomodar a las 1,6 millones de personas restantes para el 2050, se construirían nuevas soluciones de vivienda de baja densidad en la periferia. Esto resultaría en una expansión física de más de 12.300 hectáreas, o alrededor del doble del área edificada actual de la ciudad, de acuerdo con las proyecciones basadas en tendencias pasadas.

Tabla 6. Posible crecimiento urbano y escenarios de uso del suelo para El Alto en el año 2050

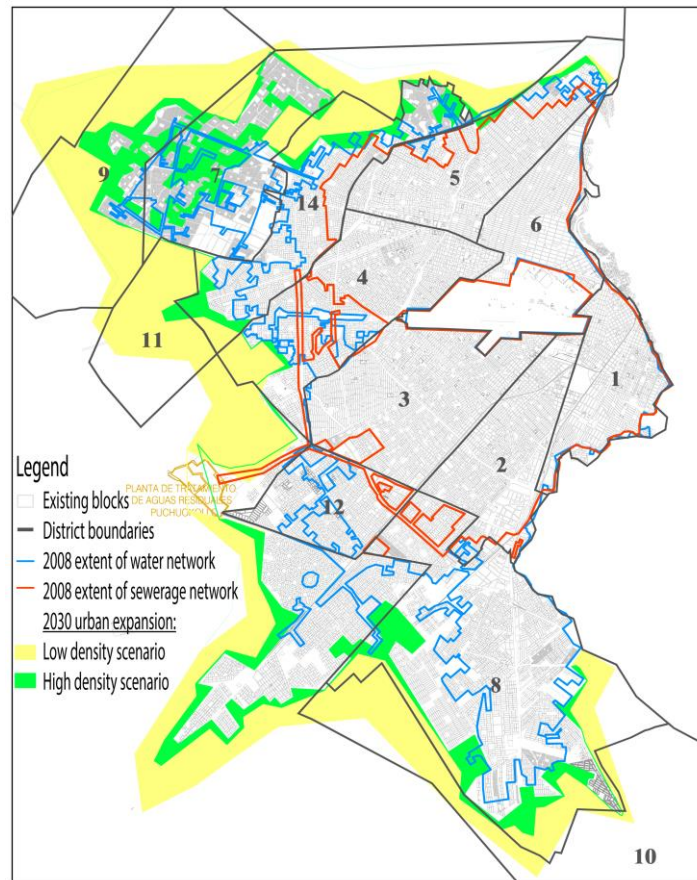
Escenario del uso del suelo 1					Escenario del uso del suelo 2				
Seguimos como hasta ahora: Alguna densificación, pero en su mayor parte expansión periurbana					Esfuerzos significativos para densificar la ciudad de El Alto				
Densidad	Crecimiento de población por año	Población en 2050	Densidad neta en 2050 (pp/ha)	Área de crecimiento en 2050 (ha)	Densidad	Crecimiento de población por año	Población en 2050	Densidad neta en 2050 (pp/ha)	Área de crecimiento en 2050 (ha)
Alta	0,8%	119.531	216		Alta	2,4%	220.912	399	
Media alta	1,0%	390.531	183		Media alta	2,7%	748.806	350	
Mediana	1,2%	299.068	182		Media	2,5%	591.995	299	
Neta	0,8%	79.695	228		Neta	1,0%	186.100	246	
Baja	1,4%	709.829	124		Baja	2,6%	1.252.187	197	
Med (exp)		420.404	182	3.264	Med (exp)		100.000	299	472
Neto (exp)		420.404	228	2.748	Neto (exp)		100.000	246	605
Baja (exp)		560.538	124	5.350	Baja (exp)		131.632	197	924
Total		3.000.000		12.362	Total		3.000.000		1.529

exp: Área de expansión

En el segundo escenario, se hacen esfuerzos significativos para densificar áreas existentes y para crear comunidades más densas en las áreas de expansión. Se podrían acomodar alrededor de 2,7 millones de personas en las áreas existentes, alcanzando los límites máximos establecidos por el mapa actual de densidad por zonificación (Figura 11). Las 300.000 personas restantes se expandirían hacia áreas nuevas. Esto resultaría en un consumo total de suelo de alrededor de 1.500 hectáreas adicionales para el 2050, o aproximadamente una expansión del 12 por ciento en el área desarrollada actualmente de El Alto. La escala de crecimiento se muestra conceptualmente en la figura 12.

Los resultados presentan opciones potenciales muy distintas en las decisiones de inversión de EPSAS para expandir o mejorar su red de suministro y las cargas de mantenimiento permanente. La expansividad de la ciudad también afecta el suministro de otros servicios y representa una carga para la recaudación tributaria municipal. Más aún, la figura 12 sugiere que el crecimiento continuo se situará cada vez más fuera de los límites de la ciudad de El Alto y dentro del Municipio de Viacha. Esto tiene consecuencias fiscales importantes, dado que el gobierno municipal no puede controlar el crecimiento en Viacha ni beneficiarse de los impuestos recaudados allí, aunque es probable que las asociaciones comunitarias, presionen de todas maneras a EPSAS, en vez de a la Municipalidad de Viacha, cuyo centro se encuentra 10 km al sur.

Figura 12. Diagrama conceptual de la extensión de suelo requerido para acomodar la población adicional en 2050 dada la densidad de urbanización futura



Zona verde: Áreas de expansión potencial en 2050 bajo un escenario de alta densidad; zona amarilla: Áreas de expansión potencial en 2050 bajo un escenario de baja densidad; línea azul: Extensión de la red de agua en 2009; línea roja: Extensión de la red de alcantarillado en 2009.

Legend = Leyenda; Existing blocks = bloques existents;; District boundaries = Límites del Distrito; 2008 extent of water network = Extensión de la red de agua en 2008; 2008 extent of sewerage network = extensión de la red de alcantarillado en 2008; 2030 urban expansion = Expansión urbana en 2030; Low density scenario = Escenario de baja densidad; High density scenario = Escenario de alta densidad;

¿Quiénes serán los más vulnerables durante la futura escasez de agua?

El Alto es altamente vulnerable al cambio climático desde el punto de vista físico, debido a la escasez de agua; los proyectos de infraestructura en curso lograrán reducir dicha exposición. Una revisión de las condiciones socioeconómicas, políticas y fiscales de El Alto muestra que estas restricciones son también determinantes importantes de la vulnerabilidad de la ciudad y de la capacidad de adaptación a la escasez de agua inducida por el clima.

Vulnerabilidad fiscal de la empresa prestadora del servicio de agua

A finales de la década de 1990, el Banco Mundial ejerció presión sobre el gobierno de Bolivia para privatizar los servicios de agua, con la esperanza de mejorar la cobertura de la red y calidad del servicio. En El Alto y Cochabamba, una combinación de regulaciones insuficientes de concesión y falta de supervisión gubernamental, capitalización inadecuada de las nuevas concesiones y gerentes internacionales sin experiencia en la política y las realidades sociales de Bolivia, generó una “guerra de agua” en cada una de estas ciudades. Los esfuerzos de las compañías privadas para aumentar drásticamente las tarifas, después de años de tarifas excesivamente bajas, cuando el suministro de agua era prestado por una empresa pública, provocaron protestas generalizadas y altercados violentos. En El Alto, esto llevó finalmente a la liquidación de la concesión privada, *Aguas de la Ilimani*, y a la creación de una empresa transitoria para prestar servicio en La Paz y El Alto llamada EPSAS, o *Empresa Pública Social del Agua y Saneamiento*, que iba a operar de manera limitada por seis meses. En este período temporal, los Ministerios responsables iban a instituir una empresa pública prestadora del servicio de agua para La Paz y El Alto según un nuevo modelo de gestión de servicios públicos de agua y alcantarillado. En realidad, EPSAS ha seguido operando por más de seis años porque la autoridad pública prometida no fue creada.

En 2007, el gobierno también estableció una tarifa nacional de “solidaridad” para el consumo básico que se aplica al 89 por ciento de los usuarios residenciales de El Alto, en comparación con el 57 por ciento de los clientes residenciales de La Paz (EPSAS, 2010; Tabla 7). Para un hogar con dos personas que tienen ingresos, esto representa entre el 0,6 y el 1,2 por ciento de los ingresos de la unidad familiar en 2001, y posiblemente menos hoy en día considerando los actuales ingresos. Las tarifas de agua para el consumo industrial son supuestamente 10 veces la tarifa residencial básica, pero muchas de las grandes industrias operan sus propios pozos y no le pagan a EPSAS. A pesar de que se han apaciguado los movimientos sociales, esta estructura tarifaria ha retornado de nuevo a la empresa prestadora de servicios de agua, a un flujo de ingresos insostenible. Con la mayoría de los usuarios pagando una tarifa subsidiada y pocos clientes pagando la tarifa comercial, que subsidia al resto de los clientes, El Alto no puede generar la cantidad de ingresos suficientes para cubrir sus gastos operativos

Tabla 7. Tarifas de agua residenciales de Bolivia

Uso de agua (m ³ por mes)	Tarifa (USD por m ³)
0-10	\$0,17
10-30	\$0,22
30-40	\$0,44

Fuente: Taller del proyecto

básicos. De los ingresos corrientes de EPSAS, el 75 por ciento proviene de La Paz, donde los consumidores usan más agua y pagan costos unitarios más altos, y el 25 por ciento proviene de El Alto, a pesar de que la población de El Alto excede ahora a la de La Paz. La operación del sistema hídrico de El Alto es por lo tanto, dependiente de la gestión hídrica conjunta de las dos ciudades, y los consumidores de agua de La Paz esencialmente están subsidiando a los de El Alto, lo cual es un tema delicado en La Paz. También hay un desfase entre los intereses de los clientes actuales conectados a la red, que se benefician de las tarifas bajas de agua, y los clientes sin conexión, para quienes una empresa prestadora del servicio de agua mejor capitalizada, mejoraría sus posibilidades de obtener nuevas conexiones de agua.

Algunos de los participantes en los talleres del proyecto argumentaron que EPSAS se encuentra en una posición financiera insostenible e inestable, que la llevará a la insolvencia por varios factores. Primero, está políticamente obligada a no subir las tarifas en El Alto para cubrir sus gastos operativos. Las agencias de apoyo internacionales financian las inversiones de capital de EPSAS de manera discrecional, pero no necesariamente de manera programática a largo plazo. Los hogares usualmente deben pagar el equivalente a \$109 dólares americanos por la conexión al sistema de agua, que varía entre \$99 y \$144 dólares americanos dependiendo de la participación de la comunidad en el trabajo de excavación de calles no pavimentadas, a pesar de que el costo para EPSAS corresponde entre \$284 y \$294 dólares americanos por conexión (tomado del sitio web de EPSAS, “Obras y proyectos”). Para conexiones de alcantarillado, los hogares deben pagar por la conexión en promedio el equivalente a \$148 dólares americanos de un rango entre \$128 y \$178 dólares americanos, en comparación con un costo de entre \$312 y \$1332 dólares americanos por conexión, esta última cifra se presenta cuando se deben extender las redes troncales.

En segundo lugar, los sindicatos (COR) y las asociaciones comunitarias (FEJUVES) de El Alto ejercen un poder político enorme para presionar a EPSAS frente a la ampliación del servicio más allá de los límites legales fijados en el contrato de la empresa, además de su difícil solvencia fiscal. De 2007 a 2010, EPSAS extendió su red de agua en El Alto en 53.287 metros e instaló 36.337 conexiones nuevas (Figura 13-14). Mientras que este es un logro significativo, la dependencia completa de financiamiento en capital internacional es insostenible, dadas las fluctuaciones en la ayuda internacional, especialmente en este período de crisis económica global (Calizaya et al, 2012). Teniendo en cuenta el pronóstico de que la población se duplicará para el año 2050, y el área urbanizada posiblemente también será el doble, en el supuesto que continúe comportándose como hasta ahora, la necesidad de extender la infraestructura, es casi seguro, excederá las asignaciones internacionales. Finalmente, EPSAS no cuenta con la ventaja de tener una Dirección de Planificación local fuerte, con los recursos y la capacidad como para controlar la urbanización o hacer cumplir planes y regulaciones que ordenen patrones de desarrollo urbano más concentrados para reducir el costo del suministro de infraestructura.

Figura 13. Extensión de la red de agua de El Alto en 1997, 2009

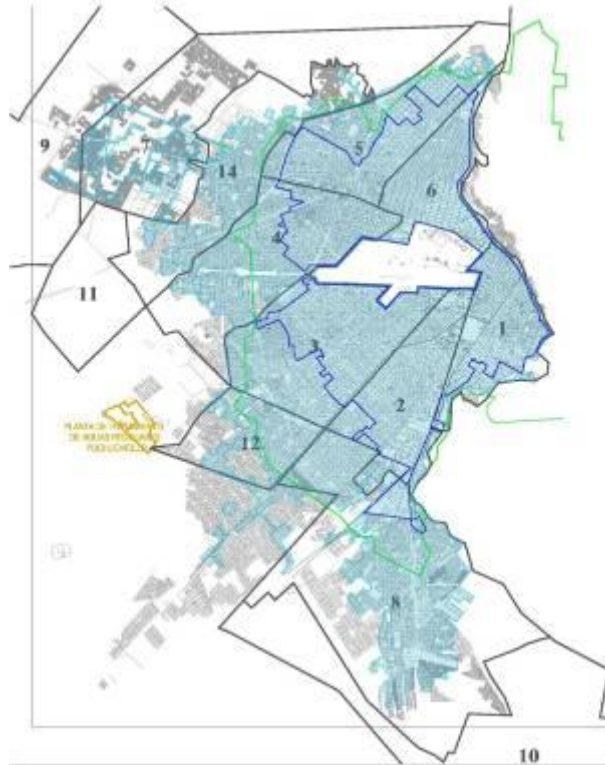
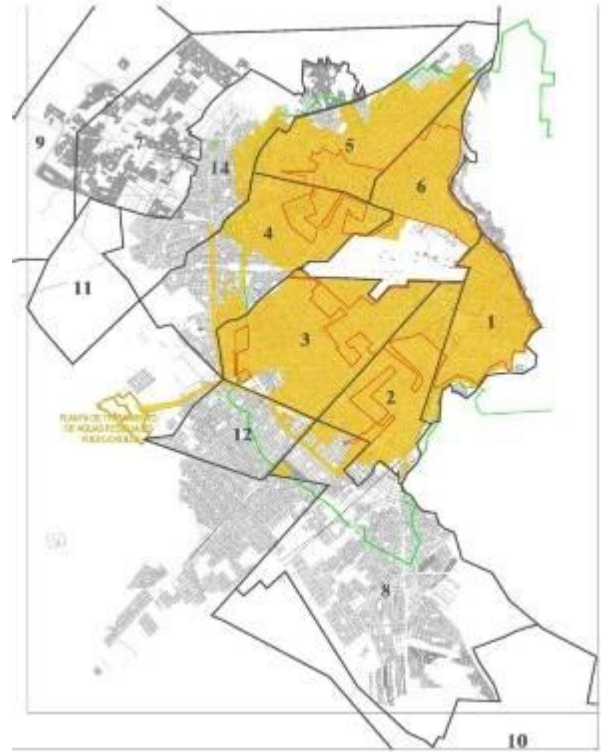


Figura 14. Extensión de la red de alcantarillado de El Alto en 1997, 2009



Fuente: Departamento de Catastro, GAMEA; línea verde: Área de concesión de servicio de EPSAS; línea azul: Cobertura de agua en 1997; zona sombreada azul: Cobertura de agua en 2009; línea roja: Cobertura de alcantarillado en 1997; zona sombreada amarilla: Cobertura de alcantarillado en 2009.

EPSAS también se enfrenta a un clima político desfavorable. La empresa fue criticada severamente en 2008 debido a errores contables, aumentos de tarifas de emergencia y falta de preparación para atender desastres, incluyendo una sequía que causó escasez de agua (La Razón, 2008). En noviembre de 2012, la autoridad de supervisión de agua y saneamiento básico, AAPS (*Autoridad de Fiscalización y Control Social de Agua Potable y Saneamiento Básico*), que depende del MMAyA, emitió una Resolución Administrativa Regulatoria que identificó fallas operacionales en EPSAS, criticó su capacidad gerencial y la experiencia profesional de la organización, y advirtió sobre la posibilidad de que se declarara insolvente. Exigió que EPSAS presentara una estrategia de desarrollo para fines del 2012 (La Razón, 2012). En diciembre de 2012, se presentó el *Proyecto de Ley Gestión Pública de Agua Potable* a la Asamblea Nacional. Esta ley (i) liquidaría a EPSAS y crearía una autoridad metropolitana de agua, responsable del manejo del suministro y la planificación regional; y (ii) establecería que departamentos municipales independientes de agua, serían responsables del suministro de agua y de la prestación de servicios, y que comprarían agua a esta nueva autoridad metropolitana de agua. Los proponentes de este proyecto de ley indican que "sólo una visión estratégica a escala metropolitana puede anticipar qué inversiones futuras serán suficientes para garantizar un sistema adecuado de producción, suministro y almacenamiento (reservorios) con el fin de

cumplir con las crecientes demandas de la región”. (*Proyecto de Ley Gestión Pública de Agua Potable*, 2012). Para reemplazar a EPSAS, el proyecto de ley propone la creación de una autoridad metropolitana de agua (Empresa Metropolitana de Producción de Agua) para manejar la obtención y suministro de agua por medio de reservorios y sistemas de almacenamiento, y la explotación de nuevas fuentes hídricas. El proyecto de ley otorga a cada municipalidad el poder de establecer su propia autoridad municipal de agua (Empresa Municipal de Agua) para distribuir el agua e instalar servicios sanitarios básicos en sus respectivas jurisdicciones.

Casi con seguridad, esta legislación ha sido motivada por el resentimiento subyacente de los funcionarios gubernamentales y los ciudadanos de La Paz hacia el subsidio del agua en El Alto; y quienes preferirían invertir en su propia red de agua. Si la ley es aprobada por la Asamblea Nacional, La Paz ya no subsidiaría a El Alto, y su autoridad municipal de agua, establecida por la nueva legislación, utilizaría las ganancias obtenidas en La Paz para modernizar y manejar la infraestructura exclusivamente dentro de los límites de la ciudad. Esto crea un grave asunto acerca de cómo El Alto financiaría sus operaciones sin cambiar su estructura tarifaria. Por otro lado, La Paz recibe parte del agua de un reservorio que reside en una subcuenca que está en la jurisdicción de El Alto (IHH, 2012). Estos conflictos de intereses y tensiones políticas conspiran en contra de la colaboración inter-jurisdiccional entre La Paz y El Alto, que de otra manera sentarían las bases para soluciones más constructivas. A pesar de la dinámica política, una EPSAS reconstituida o nueva, como autoridad pública de agua que se capitalice adecuadamente y explícitamente responsable por el manejo del suministro de agua en la región metropolitana, estaría en una mejor posición para abordar las vulnerabilidades de la escasez de agua en el futuro.

El desarrollo del Plan Maestro Metropolitano de Agua Potable y Saneamiento demuestra una vez más la complejidad de la gestión de los recursos hídricos en la práctica. El objetivo del plan es definir una estrategia a 20 años para el desarrollo y la expansión de servicios de agua potable y saneamiento en la región metropolitana de La Paz y El Alto. El plan orientará las inversiones en mejoras y ampliación del acceso a servicios, particularmente en las zonas periurbanas. Uno de los principales propósitos es desarrollar un plan integral para toda la región metropolitana de La Paz/El Alto, que en principio generaría la cooperación inter-jurisdiccional entre los gobiernos municipales de La Paz, El Alto y las otras municipalidades que constituyen la región metropolitana. En efecto, este ha sido un desafío político, ya que la colaboración entre municipalidades se ha estancado debido a los intereses conflictivos de los gobiernos locales. En muchos casos, los límites municipales están en disputa y no están claramente demarcados, lo que se complica por la expansión hacia áreas periurbanas. Esto tiene implicaciones fiscales para cada municipalidad, porque el tamaño de la transferencia de fondos del gobierno nacional a los gobiernos locales se calcula en función de la cantidad de residentes. Cada gobierno municipal tiene interés en registrar y asegurar la mayor cantidad de población dentro de sus límites, o en el caso de disputas sobre límites, reclamar un límite que incorporaría la mayor cantidad de asentamientos periurbanos recientes. GITEC, el equipo asesor responsable por el Plan Maestro, ha intentado plantear la necesidad de colaboración inter-jurisdiccional concentrándose en los aspectos de gestión del suministro de agua e infraestructura que sustituyan los límites jurisdiccionales, obteniendo un éxito ambivalente. En cierto sentido, la política fiscal nacional en materia de transferencia de

fondos, inadvertidamente crea una situación que va en contra de la cooperación interjurisdiccional requerida para la gestión hídrica.

Vulnerabilidad social

Este contexto fiscal y político agudiza el riesgo financiero de los residentes de El Alto. Se considera que El Alto es la ciudad más pobre de Bolivia, que a su vez es considerado el país más pobre de América del Sur. Según el censo de 2001, El Alto tenía una incidencia general de pobreza del 73 por ciento, con un 43 por ciento del total de la población identificada como indigente (INE, 2001). En comparación, la tasa global de pobreza en América Latina en 2001 era del 45 por ciento (GAMEA, 2002). Esta pobreza se pone en evidencia en muchos indicadores de desarrollo. El ingreso promedio per cápita en 2001 era del equivalente a \$488 dólares americanos, aproximadamente la mitad del promedio nacional en ese momento (INE, 2001), y el 63 por ciento de los puestos de trabajo se consideraban precarios (CEDLA, citada en El Diario, 2011). En los hogares más pobres, sólo el 40 por ciento tenía algo de educación básica. En promedio, los residentes tenían cinco años de educación, y 12 de cada 100 personas eran analfabetas. Las dimensiones culturales y económicas de esta pobreza afectan su capacidad para pagar por servicios de agua, la cantidad de agua que consumen y sus actitudes frente al pago de dichos servicios.

La incertidumbre futura de la estructura tarifaria en El Alto y la capacidad operativa y de capital de la empresa prestadora del servicio de agua afecta el riesgo financiero de los hogares y la posibilidad de recibir mejoras de infraestructura. Es posible que los hogares periurbanos tengan que esperar cada vez más para recibir el servicio de agua, y que corran un riesgo más alto durante épocas de sequía, cuando aumentan los precios del agua que no proviene de la red. Los residentes del centro urbano, que dependen por completo del agua del acueducto, y cuyos edificios de varios pisos desafían el uso de sistemas de recolección de agua de lluvia, tanques de almacenamiento de agua y pozos comunales, tienen un nivel de resiliencia menor en caso de sequía. Si la historia se repite, las tarifas podrían volver a aumentar repentinamente en algún momento crítico en el futuro, creando un riesgo para los hogares más pobres, lo que puede llevar a una situación social inestable. En cada caso, los más vulnerables a un servicio de agua inadecuado e inseguro, y a impactos de las tarifas, serán los hogares más pobres y los migrantes más recientes. Muchos de estos pobladores podrían ser refugiados ecológicos, desplazados por una sequía en áreas rurales inducida por el cambio climático.

¿Cómo pueden influir las estrategias de uso eficiente del agua en el ordenamiento territorial?

Dado el alto precio de las inversiones futuras para aumentar el suministro de agua en El Alto, es oportuno considerar cómo se puede usar el agua de manera más eficiente en la ciudad, y cómo el ordenamiento territorial puede ser informado sobre estudios de escasez de agua. La mayor parte de la literatura sobre la gestión de escasez de agua proviene del campo de la ingeniería hídrica, donde los prestadores de servicios han estado interesados desde hace mucho tiempo en cómo suministrar el agua a sus clientes de la manera más eficiente. La gestión de la demanda, o las estrategias para reducir el consumo total o unitario de agua, será un componente clave para la adaptación al cambio climático. Esto normalmente involucra: a) una reducción en las pérdidas de agua por fugas en las tuberías

o conexiones ilegales; b) ahorro en el consumo de agua; c) reutilización de aguas residuales; y d) reforma de las tarifas de agua. Todas estas estrategias están en discusión en El Alto, y cada una de ellas tiene consecuencias para la planificación urbana y la mejora del desarrollo. La reducción de pérdidas de agua y el reciclado de aguas residuales podría, si se pusiera en práctica en forma completa, satisfacer la demanda futura de agua en 2050, pero la dificultad de su implementación en la práctica sugiere que estas opciones jugarán un papel parcial o menor en relación con la ampliación de la infraestructura de suministro de agua.

Reducción de las fugas de agua

Según EPSAS, las fugas de agua en El Alto ascendieron a alrededor del 35 por ciento en 2012, cifra que está a la par con la estimación del Banco Mundial sobre las fugas de agua promedio en los países en vías de desarrollo (Banco Mundial, 2006). EPSAS no sabe qué porcentaje de estas pérdidas se deben a factores físicos (fugas) o económicos (conexiones ilegales). En la década de 1980, cuando la pérdida de agua en El Alto llegaba hasta el 50 por ciento, un proyecto facilitó que una compañía estadounidense capacitara a los ingenieros de EPSAS en la identificación y arreglo de fugas. Desde 2007, EPSAS, con financiamiento internacional, ha invertido \$5 millones de dólares para renovar las tuberías, y como consecuencia sus fugas son más moderadas en la actualidad (Berdeja, 2012). Dado que las fugas de agua en los países desarrollados son de alrededor del 15 por ciento en promedio (Organización Mundial de la Salud, OMS, citada por el Banco Mundial, 2006), El Alto podría esperar, en el mejor de los casos, satisfacer otro 20 por ciento de la demanda futura haciendo inversiones de infraestructura para reducir las fugas. Hace falta realizar investigaciones adicionales para esquematizar dónde se efectuaron estas inversiones y dónde se deberían hacer en el futuro. Dichas estrategias de inversión se podrían integrar con las prioridades más amplias de modernización urbana. Por ejemplo, se podrían combinar las reparaciones de fugas con la ampliación de tuberías para dar cabida a mayores densidades en áreas urbanas específicas.

Ahorro en el consumo de agua

Para destacar los efectos de la escasez de agua, el crecimiento demográfico y el cambio climático, el MMAyA está elaborando una nueva política sobre el ahorro en el consumo de agua, que específicamente incluye el uso de inodoros de bajo flujo, que en su mayoría requerirían ser importados -que incluirían casi todos los inodoros en Bolivia- para cumplir con normas de eficiencia. El gobierno aspira a reducir el consumo de agua de hasta 250 litros per cápita diarios (lpcd) en algunas partes del país, hasta el nivel de las normas de eficiencia europea de 100 lpcd (Berdeja, 2012). El programa, que sería puesto a prueba en La Paz y El Alto, brindaría incentivos y préstamos rotativos para atraer a hogares y a los constructores a reemplazar sus sistemas antiguos o usar nuevas tecnologías. A pesar de las buenas intenciones, no está claro si esta estrategia producirá los ahorros de agua deseados, o si es la estrategia más rentable para estimular la eficiencia en el consumo de agua en El Alto. Según EPSAS, más del 90 por ciento de los residentes de El Alto dentro del área de concesión tienen acceso a servicios de agua

mejorados (EPSAS, 2011). En 2007, se estimó que de los hogares que tenían acceso al servicio de agua, el 72 por ciento lo tenían en sus casas; el 15 por ciento accedía a éste por hidrantes públicos; y el 13 por ciento restante por otras redes de tuberías (GAMEA, 2007; EPSAS, 2011). Se estima que un 4 por ciento de los hogares depende de pozos, ríos y carro tanques (operados por EPSAS y otras compañías) y fuentes no mejoradas de agua. No se sabe si estas cifras incluyen áreas periurbanas fuera de los límites municipales de El Alto.

Se calcula que el 89 por ciento de los hogares de El Alto usa menos de 15m³ de agua por mes (EPSAS, 2010), lo cual equivale a un uso per cápita de agua municipal de menos de 143 litros por día. Como comparación, la OMS sugiere que se necesitan 100 litros por persona por día para llevar una vida saludable, y el consumo de agua per cápita en otros lugares del país puede llegar a estar entre 200 y 250 litros por persona por día (Berdeja, 2012). Con respecto a los niveles de acceso en los hogares, el uso de agua residencial en El Alto es bastante bajo (WELL, 1998). Esto se debe probablemente a una combinación de bajos ingresos y una cultura de bajo consumo de agua entre los grupos indígenas, que constituyen el 80 por ciento de la población de El Alto.

Dado el bajo consumo per cápita de agua en los hogares de El Alto, es improbable que incluso un esfuerzo coordinado de medidas de eficiencia en el consumo, tenga más que un efecto marginal sobre el uso total del recurso. Sin embargo, pueden existir algunas oportunidades para mejorar la eficiencia dentro del centro urbano, donde los registros de suministro de agua de EPSAS sugieren que el consumo de agua per cápita es significativamente mayor que el promedio de la ciudad. En el caso de los clientes residenciales, esto se debe probablemente a la mayor incidencia de inodoros con cisterna, que típicamente consumen un tercio del agua que se consume en el hogar. El 58 por ciento de los hogares de El Alto usa inodoros con cisterna (EPSAS, 2011). En otras partes de la ciudad, donde el uso de agua ya es bajo, se pueden presentar oportunidades para poner en práctica diseños alternativos, como los sanitarios secos, lo cual no sería posible en zonas de alta densidad. Los usuarios industriales y comerciales deberían ser el público objetivo de programas de uso eficiente del agua, así como de otras mejoras de eficiencia en el consumo, adicionales al uso de inodoros de bajo flujo, las cuales pueden generar mayores ahorros.

Reciclado y reutilización de aguas residuales

Como ciudad industrial, El Alto genera especialmente grandes cantidades de aguas residuales industriales con metales pesados, incluyendo las que provienen de la industria textil, del cuero, de tinturas, embotelladoras, y carnicerías (GAMEA, 2002). En consecuencia, las aguas residuales residenciales e industriales han contaminado significativamente los tres ríos principales en la ciudad: Seco, Seque y Hernani. Estos ríos no sólo son importantes para los agricultores aguas abajo, sino que también desembocan en el Lago Titicaca, una importante fuente de agua dulce para una población entre 2,5 y 3,0 millones de personas en Perú y Bolivia (Cathcart y Bolonkin, 2007). La contaminación del Lago Titicaca, que ya ha comenzado, también amenaza las especies de peces endémicas del lago.

En 2010, EPSAS inauguró la planta de tratamiento de aguas residuales de Puchukollo, en las afueras de El Alto. Esta planta presta servicio a El Alto, Viacha y Laja, y cuenta con 12 lagunas de estabilización que pueden tratar hasta 446 litros por segundo. Los volúmenes actuales en la planta son relativamente bajos debido a la falta de conexiones y redes de alcantarillado hacia la planta. A partir de 2011, se estima que el 68 por ciento de las viviendas dentro del área de servicio de EPSAS estarían conectadas a la red de alcantarillado. El alcance limitado de la red – con relación al acueducto - se debe en parte al costo de las ampliaciones y la dificultad de construir tuberías de alcantarillado hasta la planta de tratamiento, ubicada en el sector suroeste de El Alto, debido a la falta de pendiente. El acceso al alcantarillado es especialmente bajo en los distritos del norte y noroeste, donde las casas descargan sus aguas residuales directamente en los ríos. Se ha dado prioridad a los distritos 7, 8 y 10 para extender las líneas troncales de alcantarillado.

El segundo impulso principal de la política de uso eficiente del agua del MMAyA es la reutilización de aguas residuales, citando la experiencia de México, donde, después de una crisis de agua, el gobierno comenzó a subsidiar el 50 por ciento de los costos operacionales de las plantas de tratamiento de aguas residuales para reutilización agrícola, recarga de acuíferos y enfriamiento industrial (Berdeja, 2012). Aunque Bolivia no tiene todavía normas de reutilización de aguas residuales, el MMAyA cree que el potencial de reutilización de la planta de tratamiento es muy significativo (Berdeja, 2012). Los agricultores aguas abajo son probablemente los más beneficiados directa y económicamente del funcionamiento de la planta de tratamiento de aguas residuales. A pesar de que los residentes no utilizarán el agua de Puchukollo directamente, la recarga del acuífero también ayudará a contrarrestar el efecto de la extracción de aguas subterráneas por parte de EPSAS y algunas industrias. Mientras que, puede haber un alto potencial para la reutilización industrial, un análisis de la ubicación de las principales áreas industriales de la ciudad y de la ubicación de los usuarios primarios de agua por volumen, muestra que la reutilización industrial exigiría 7 km de tuberías para llevar el agua tratada a las áreas industriales. El costo de esta estrategia sugiere que será secundaria con respecto a otras alternativas para reducir el consumo de agua industrial. Una alternativa sería construir plantas más pequeñas de tratamiento de aguas residuales industriales y plantas de reciclado en las zonas industriales existentes. A medida que los costos de perforación y expansión de reservorios siguen creciendo, la opción de construir una infraestructura de distribución de aguas residuales recicladas podría volverse más atractiva.

Reforma de tarifas

Estudios sobre ingresos sugieren que éstos se correlacionan positivamente con el consumo de agua (Baumann et al., 1998; Dalhuisen, et al, 2003); y que el uso de agua al interior de los hogares es relativamente estable para los distintos niveles de ingreso (Loh y Coghlan, 2003). Los estudios también sugieren que el precio del agua es poco flexible debajo de un cierto umbral de necesidades básicas; más allá de este límite, el precio se hace más variable, sobre todo cuando se adoptan tarifas en bloque y cuando se considera por grupo de ingreso (ver la revista efectuada por Domene y Saurí, 2006). No obstante, el factor de ingreso se vuelve más débil para explicar el consumo de agua en exteriores (Syme et al, 2004) y a medida que el costo del agua pasa a ser una proporción menor del

ingreso (Martinez-Espiñeira y Nauges, 2004). El bajo consumo de agua en El Alto sugiere que se está aproximando a niveles poco flexibles. Dada la historia de Bolivia, este es uno de los temas más controvertidos y conflictivos del país, y específicamente de El Alto. Bajo la nueva ley marco sobre el agua se podrían producir cambios en la estructura tarifaria, y el asunto del costo de la ampliación del servicio tendrá un gran impacto en los futuros esfuerzos de adaptación.

Impacto del uso del suelo sobre la demanda de agua

Los estudios apuntan a una combinación de factores que influyen en el consumo de agua residencial; los más importantes son el ingreso familiar, el tamaño de la unidad familiar, la tipología de la vivienda, los precios del agua, y el comportamiento del consumidor o sus prácticas culturales (Domene y Saurí, 2006; Troy, et al, 2005). En El Alto, donde los clientes usan un promedio de 70 a 143 litros de agua por día, y el 80 por ciento comparte prácticas culturales y rurales de uso de agua, la tipología de la vivienda, el acceso al agua y, en menor medida, el nivel de ingresos probablemente son factores importantes.

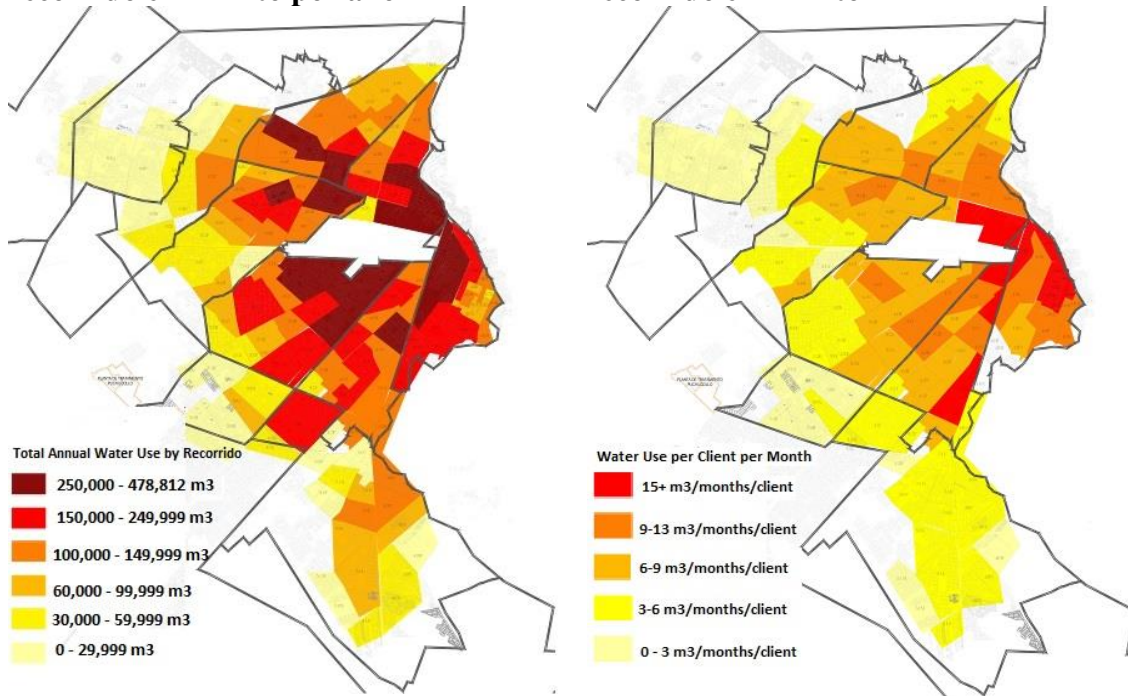
La relación entre el consumo de agua y la tipología de la vivienda y, por extensión, la densidad de uso del suelo, depende en gran medida del contexto. A escala de ciudad, la densidad parece no tener ninguna relación con el uso del agua, aunque una serie de estudios ha encontrado que dentro de las ciudades, el tipo de vivienda es un factor decisivo importante, principalmente debido a un mayor consumo de agua fuera del hogar por parte de viviendas unifamiliares (Linaweaver et al. 1967; Renwick y Green, 2000; Mukhopadhyay et al., 2001; Syme et al. 2004). En Barcelona, Domene y Sauri (2006) encontraron que la tipología de la vivienda tenía un mayor impacto en el uso del agua que el nivel de ingresos. Por otro lado, en Sídney, Australia, Troy, Holloway y Randolph (2005) encontraron que mientras que el consumo de agua por hogar es mayor en viviendas unifamiliares que en viviendas de mayor densidad, el consumo per cápita de agua es fundamentalmente el mismo, independientemente de la forma de edificación y densidad, debido a que la probabilidad de que los edificios multifamiliares urbanos modernos tuvieran comodidades de gran consumo de agua, como jardines, piscinas y lavadoras, era mayor, mientras que las viviendas más antiguas probablemente no tenían instalaciones y aparatos que consumieran mucha agua y era más probable que usarán tanques para almacenar el agua lluvia y volver a utilizar aguas grises. Además, el consumo per cápita de agua tiende a ser mayor en familias más pequeñas, dada la reducción en la economía de escala; por lo tanto, la distribución de familias más pequeñas en una ciudad también afecta su consumo de agua (Domene y Sauri, 2006; Troy, et al., 2005)

Como se muestra en la figura 15, el consumo de agua más alto se presenta en el centro urbano. El mayor uso de agua por cliente de EPSAS (Figura 16) ocurre en los centros comerciales e industriales, mientras que las áreas periurbanas muestran el menor consumo. Varios factores pueden explicar por qué la densidad urbana aumenta el consumo per cápita de agua en El Alto. Es más probable que las familias con mayores ingresos que viven en edificios de varios pisos usen inodoros con cisterna. Aunque los mapas de EPSAS muestran que la cobertura se ha extendido a las áreas periurbanas, gran parte de este servicio se brinda probablemente por medio de hidrantes comunitarios de

agua, y existen pruebas que muestran que el acceso a agua fuera del hogar tiene un efecto muy significativo en la reducción del consumo de agua (WELL, 1998; Cairncross, 1987). Las casas con menor densidad pueden ser más eficientes debido a la mayor cantidad de prácticas de recolección de agua de lluvia, reutilización de aguas residuales y sistemas sanitarios secos. Estos mapas sugieren que los esfuerzos en uso eficiente del agua se deberían concentrar en ciertos recorridos donde el consumo de agua por cliente sea el más alto, mientras que la reutilización de agua, la recolección de agua de lluvia y la promoción de mejoras sanitarias tendrían un mayor potencial en áreas periurbanas. Los modelos de agua deberían tener en cuenta esta relación entre densidad y consumo de agua para estimar con exactitud la demanda del recurso hídrico. Las inversiones futuras pueden potenciar los distintos patrones de uso del agua en cada extremo de la gama de tipología de edificación, promover la recolección del agua lluvia y la reutilización de agua a nivel residencial, y focalizar comunidades densas para aliviar los embotellamientos de infraestructura, reducir las pérdidas de agua e invertir en mejoras en el uso eficiente del agua.

Figura 15. Uso total de agua por recorrido en El Alto por año

Figura 16. Uso de agua por cliente por recorrido en El Alto



Fuente: EPSAS 2012

Total Annual Water Use by Recorrido	Uso total anual de agua por recorrido
Water User per Client per Month	Uso de agua por cliente por mes

¿Qué respuestas del ordenamiento territorial pueden mejorar la equidad en el acceso al agua y reducir la vulnerabilidad a la escasez de agua en el futuro?

Fortalecer la capacidad institucional para una gestión integrada de uso del agua y del suelo

Dada la complejidad y sensibilidad de la política local acerca del tema del agua, no hay una sola estrategia apropiada o fácil de adoptar. En respuesta a las recomendaciones preliminares que presentamos, las partes interesadas locales estuvieron de acuerdo en principio, pero repetidamente advirtieron que no hay fondos municipales suficientes, ni la capacidad necesaria en la ciudad de El Alto, y que el complicado escenario político desafía cualquier esfuerzo de coordinación y gestión. Por ejemplo, si bien las partes interesadas reconocen los beneficios de un comité de trabajo intersectorial, muestran su preocupación sobre los desafíos institucionales de implementar esta idea, como se puede observar en el caso del Plan Maestro Metropolitano para Agua Potable y Saneamiento de MMAYA, que podrían reducir su eficacia o impedir su formación. Por lo tanto, proponemos una serie de estrategias potenciales que se pueden considerar por separado o en paralelo.

Fortalecer la capacidad institucional de la Dirección de Ordenamiento Territorial de El Alto

La limitada capacidad de la Dirección de Ordenamiento Territorial de El Alto para controlar el desarrollo y gestionar el crecimiento urbano, no es exagerada. El gobierno municipal, que no cuenta con los recursos financieros, ni con el personal suficiente, se limita, en la práctica, a reaccionar frente al crecimiento impulsado por los constructores y a aprobar retroactivamente las obras, cuando estas ya se han concluido. Este es un impedimento importante a la coordinación y alineamiento de la planificación urbana y las decisiones de inversión de infraestructura para el servicio de agua, y fue confirmado en las reuniones con las partes interesadas, entre los que se encontraban, funcionarios de la Dirección de Ordenamiento Territorial. Un conjunto de iniciativas para la gestión hídrica urbana depende de la capacidad de la Dirección de Ordenamiento Territorial para su coordinación, dirección e implementación. El gobierno nacional y los principales organismos financiadores internacionales deberían considerar la asignación de un presupuesto para esta oficina como parte de los proyectos y fondos orientados al agua y a la adaptación climática.

Proyectos en curso, como la actualización de la base de datos de propiedades de El Alto y el próximo censo nacional, proporcionarán un conjunto de datos de referencia sobre la ciudad, con la que se podrá mejorar la gestión, la recaudación de ingresos y la prestación del servicio. Para complementar estos proyectos, la Dirección de Ordenamiento Territorial necesita personal, asistencia técnica y financiamiento para desarrollar la capacidad para emprender nuevos planes de ordenamiento territorial, involucrar a las asociaciones comunitarias en la planificación, aplicar nuevos instrumentos normativos y empresariales, y apalancar recursos de capital, como la tierra de propiedad pública, para

orientar en forma proactiva el crecimiento y el desarrollo. Los esfuerzos emprendidos durante el proceso de PPCR/SPCR constituyen un paso adelante en la dirección hacia el mejoramiento de la gobernanza del agua. Además, proporcionaron un ambiente para generar y compartir información por medio del uso de modelos de suministro y demanda de agua, dentro de un grupo de discusión formado por los viceministerios de Agua Potable y Saneamiento Básico e Irrigación, dependientes del MMAyA, los gobiernos departamentales y municipales de La Paz, el equipo de PRAA, EPSAS, IHH y SENAMHI. Tal proceso se podría replicar en El Alto, con la participación de grupos de planificación y gestión urbana, según corresponda.

Formar un comité de trabajo interdisciplinario para la planificación del agua y del desarrollo

Actualmente, la ciudad de La Paz está elaborando el *Plan La Paz 2040*, un plan integral de desarrollo urbano y económico que también incluirá estrategias de gestión hídrica y propondrá el aprovechamiento de nuevas fuentes de agua. Varios de los encuestados señalaron que no había una coordinación significativa entre los redactores del *Plan La Paz 2040* y el Plan Maestro Metropolitano para Agua Potable y Saneamiento del MMAyA para El Alto/La Paz. Algunos profesionales consideraron que ésta era una oportunidad perdida para sacar provecho de las interrelaciones entre la gestión de agua y la planificación urbana, tanto a nivel municipal como metropolitano. En El Alto, aunque técnicamente es responsabilidad del alcalde indicarle a EPSAS dónde invertir, EPSAS ha tomado el liderazgo, ante la ausencia de dirección por parte del gobierno municipal. Es fundamental para el gobierno municipal de El Alto volver a participar en esta conversación e identificar inversiones coherentes en infraestructura y estrategias de desarrollo urbano. MMAyA, el BID y el Banco Mundial podrían crear incentivos para fomentar la colaboración inter-jurisdiccional como parte de los compromisos de financiación.

Hay un deseo de poner en marcha un comité de trabajo inter-jurisdiccional que congregue a los subalcaldes, planificadores urbanos, gerentes de empresas de servicios públicos de agua, agencias de financiamiento, institutos de investigación y líderes de las principales asociaciones comunitarias (por ejemplo, COR y FEJUVE) para planificar las estrategias urbanas y de inversión en agua. Esta instancia podría abarcar tanto a El Alto como La Paz, o por lo menos a El Alto. Este comité de trabajo también puede identificar conjuntamente nodos de crecimiento, donde es lógico priorizar los esfuerzos para arreglar fugas y embotellamientos en la red de distribución, construir una red de drenaje verde, invertir en instalaciones de agua más eficientes y en sistemas de reciclaje y recolección de agua, mejorar los servicios públicos adicionales, y crear incentivos para la densificación de las comunidades y la auto-inversión. Se podría desarrollar un conjunto de mejoras de infraestructura urbana para apoyar el desarrollo de la comunidad. Uno de los objetivos principales sería acomodar a futuros residentes dentro de las áreas urbanas existentes, para incrementar la economía de escala de las ampliaciones y mejoras del servicio. Será importante hacer partícipe a la municipalidad vecina de Viacha en estas conversaciones, con el objeto de discutir acerca de la colaboración y cooperación en los controles al desarrollo territorial y la ampliación del servicio.

Establecer una unidad de planificación urbana dentro de EPSAS

EPSAS podría ser la institución que, *de facto* (y en forma involuntaria), haga cumplir las reglas de zonificación al exigir que las comunidades que busquen la ampliación de la red de acueducto tengan una densidad mínima de 6 casas por manzana, 15 casas por bloque (par de manzanas adyacentes) ó 50 personas que vivan en un bloque de 4 manzanas. Las agencias internacionales que financian nueva infraestructura en representación de EPSAS (como JICA, EuropeAid y los gobiernos de Canadá y los Países Bajos) frecuentemente solicitan que el 60 por ciento de los lotes subdivididos esté ocupado por casas. Aunque esta no es su misión o propósito, EPSAS puede tener el mayor poder regulatorio para gestionar el desarrollo urbano y mantener a las comunidades en este umbral mínimo. Este apalancamiento podría funcionar como un mecanismo discrecional legal para implementar la planificación urbana. Se podría establecer una unidad de planificación urbana dentro de EPSAS, que tendría la responsabilidad explícita de concentrarse en una planificación urbana de manera integral y administrar - o por lo menos orientar - la gestión urbana basada en consideraciones que vayan más allá de la misión estricta de EPSAS. Lejos de que EPSAS “se tome el poder” de las autoridades en la planificación urbana y sus responsabilidades, esta unidad trabajaría en colaboración con los planificadores municipales de El Alto y se esforzaría en usar su influencia para avanzar hacia el cumplimiento de los objetivos de planificación urbana razonables establecidos por GAMEA. En un contexto político complicado, en el cual los diversos niveles de gobierno tienen conflictos de intereses, esto tendría que ser negociado hábilmente.

Involucrar a las asociaciones comunitarias en el desarrollo de una estrategia integral de mejoramiento comunitario

Durante las entrevistas, el personal y los tomadores de decisiones del gobierno local expresaron una gran frustración con el poder de las asociaciones sociales para presionar o forzar la mano del gobierno de manera "irracional o ilógica". No obstante, dadas las limitaciones de los enfoques verticales, y el hecho de que las asociaciones son poderosas y cuentan con un gran poder de movilización, la Dirección de Planificación Territorial y EPSAS podrían aumentar su compromiso con las organizaciones comunitarias para definir estrategias integrales de mejoramiento comunitario. En primer lugar, tales esfuerzos pueden identificar intervenciones prioritarias que se adelanten a las necesidades de desarrollo local, problemas de subsistencia, así como el uso eficiente del agua y la resiliencia. En segundo lugar, las comunidades pueden ayudar a diseñar nuevas viviendas de varios pisos que cumplan con sus necesidades, que frecuentemente incluyen espacios para actividades comerciales, agricultura urbana/ganado y espacio adicional para los familiares. En tercer lugar, la vigilancia comunitaria y su aplicación en las construcciones puede ser una alternativa efectiva o complementaria a las autoridades municipales para la seguridad ciudadana. Dichos esfuerzos también se pueden incorporar a los procesos de planificación que se avencinan después de que el censo y el inventario de propiedades se hayan complementado. La participación comunitaria activa en el diseño de nuevos nodos de crecimiento será clave para la viabilidad de implementar cualquier plan propuesto. Estos nodos podrían dar lugar al uso de herramientas financieras específicas para respaldar la densificación, y también para promover puntos focales comunitarios que comiencen a dar identidad y un sentido de pertenencia a lo que hoy en día es una

expansión homogénea de asentamientos con una alta rotación de residentes.

Promover la resiliencia urbana y la eficiencia en el uso del agua

Sea cual fuere el esquema organizativo seleccionado, hay una serie de estrategias de diseño de planificación y modernización que pueden mejorar la resiliencia urbana a la sequía y el uso eficiente del agua.

Mejorar la resiliencia de la comunidad a los riesgos de sequía

Aunque la adaptación algunas veces es considerada como una actividad separada del desarrollo -un nivel de "desarrollo superior"-, también se puede integrar estrechamente con el desarrollo comunitario y estudios de subsistencia (Dodman, et al., 2009). Mientras que los planes de infraestructura a gran escala para ampliar el suministro de agua en El Alto reducirán significativamente la exposición de la ciudad a la sequía, las comunidades también necesitarán agua almacenada en caso de escasez, cuando el precio del agua suba significativamente. Existe la oportunidad de promover estrategias apropiadas a nivel local para aumentar la eficiencia del uso del agua y reducir la vulnerabilidad, tanto en proyectos de renovación y mejoramiento urbano como en las zonas periurbanas. En áreas urbanas, esto puede incluir la reducción en las fugas de agua, expansión del acueducto y alcantarillado, tanques de almacenamiento en los techos, sumideros verdes para mejorar el drenaje y recarga de los acuíferos, como también el aumento de siembra de árboles que den sombra durante las olas de calor que frecuentemente acompañan las sequías. En áreas periurbanas, las estrategias se pueden concentrar en la recolección de agua lluvia, mejorar los sanitarios secos, volver a utilizar aguas residuales y ampliar el servicio por medio de una combinación de pozos y sistemas de acueducto.

Los cambios en las políticas para promover la adopción de estas tecnologías pueden incluir modificaciones al USPA, lo cual puede proporcionar pautas para los sistemas de recolección y almacenamiento de agua, y espacios verdes urbanos a nivel comunitario. EPSAS, además de los umbrales mínimos de densidad, podría también requerir que se destinara un espacio en las manzanas, o en los planos de construcción de las obras, para las redes de recolección, almacenaje y alcantarillado.

Crear una red verde para reducir la contaminación del agua y aumentar la recarga de acuíferos

Aunque en cada construcción se destinan espacios verdes de acuerdo a las regulaciones del USPA, en realidad éstas son áreas pequeñas y dispersas, y muchos de ellas carecen de criterios básicos para uso recreativo y están en malas condiciones debido a la falta de mantenimiento. Un sistema integrado de espacios verdes y una estructura de parques, plazas, espacios deportivos y áreas privadas, junto con calles y avenidas verdes, diseñadas explícitamente como una estrategia de gestión hídrica, mejoraría la habitabilidad y la calidad del entorno edificado para los residentes, creando un sentido de coherencia en un tejido urbano, en crecimiento rápido y fragmentado. Estas propuestas deberían complementar el plan maestro de alcantarillado que está en ejecución con el financiamiento del BID, y ayudar a reducir los impactos del riesgo de inundación en la

ciudad. La reutilización de aguas residuales para irrigar estos espacios aportaría a que los parques comunitarios sean aprovechables y mejoraría la calidad de vida local, promoviendo la cohesión comunitaria.

Las partes interesadas respaldaron el concepto de red de drenaje verde pero expresaron escepticismo sobre la capacidad de la Dirección de Ordenamiento Territorial de la Alcaldía de El Alto para implementar esta estrategia. Idealmente, el gobierno municipal adquiriría y reservaría tierras baldías y no construidas para un sistema integrado de espacios verdes y una estructura de parques, plazas, espacios deportivos y áreas privadas. La promoción de áreas verdes públicas para la agricultura urbana, desagües y/o huertos para la recolección de agua lluvia que los residentes puedan usar o arrendar podría proporcionar nuevos incentivos para que las comunidades contribuyan al reverdecimiento de terrenos baldíos destinados para el uso público. Luego de la actualización de la base de datos de propiedades, GAMEA espera un aumento de su recaudación tributaria, con lo que potencialmente podría otorgar préstamos municipales a las comunidades para establecer estos huertos y espacios verdes.

Enfoque en proyectos de uso eficiente del agua tanto en Puchukollo como en plantas industriales

La reutilización de aguas residuales de Puchukollo es una estrategia importante que beneficiará a los agricultores y usuarios aguas abajo, proporcionándoles una reserva durante las sequías. Sin embargo, dichas aguas están bastante lejos de ser reutilizables para la industria y sería excesivamente costoso asumir la reutilización de aguas residuales de la planta por parte de los residentes. Además de los proyectos de uso de aguas residuales en ejecución, el MMAyA debería considerar la prestación de asistencia técnica para ayudar a las plantas industriales a implantar sistemas de reciclado de aguas residuales. Para abordar la falta de financiamiento de esta iniciativa, el MMAyA podría aprovechar parte de los fondos destinados a préstamos rotativos para reemplazar inodoros en las viviendas y direccionarlos hacia préstamos rotativos de bajo interés para las industrias, pues éstas ofrecen un mayor retorno a la inversión en términos de ahorro de agua. Es necesario realizar investigaciones adicionales para comprender cuánta agua usan los consumidores industriales en El Alto. El Departamento de Medio Ambiente está planeando llevar a cabo un estudio de las industrias en El Alto, junto con sus vertimientos de residuos peligrosos. Este estudio podría incorporar una evaluación de su consumo de agua y generación de aguas residuales, como también de las oportunidades de reutilización. Los proyectos de reutilización de agua residencial y comercial se pueden considerar como parte de una estrategia más amplia de mejoramiento comunitario.

Reforma de la estructura tarifaria

Una reforma de tarifas es uno de los aspectos más difíciles de implementar dentro de la gestión de agua en cualquier lugar del mundo, pero no hay duda de que los aspectos económicos del agua obligarán finalmente a que haya un cambio en El Alto, independientemente de la aprobación del nuevo proyecto de ley de gestión del agua. Es claro que la estructura actual de las tarifas, vinculada al consumo de agua en lugar de los

niveles de ingreso, puede no estar enfocándose en los más pobres dentro de la población considerada de escasos recursos. En una cultura de bajo uso de agua, un bajo consumo mensual puede no ser un indicativo de la falta de capacidad de pago. El próximo censo nacional dará más luces acerca de los ingresos reales, el tamaño, instalaciones y comodidades de las unidades familiares de El Alto, y proporcionará una nueva línea de referencia para estimar la capacidad de los hogares para pagar por el consumo de agua. Una estructura de tarifas actualizada y mejorada que se oriente hacia tasas menores para los más pobres y tasas mayores para aquellos que estén en condiciones de pagar, puede mejorar la solvencia económica de la empresa prestadora del servicio de agua. Teniendo en cuenta la experiencia de Aguas de la Ilumani, tales iniciativas deberán estar claramente acompañadas por consultas con la comunidad y educación pública.

Promover herramientas para avanzar en la implementación de resiliencia frente al agua en áreas urbanas

Promover el intercambio de información y completar el modelo WEAP basado de demanda urbana

Esta investigación muestra el potencial para analizar conjuntamente los datos de agua y de la planificación para generar nuevo entendimiento de las estrategias futuras de inversión. Dado los esfuerzos en curso para desarrollar completamente el modelo WEAP de suministro futuro de agua en El Alto/La Paz bajo condiciones de cambio climático, los tomadores de decisiones se beneficiarían de un modelo de demanda urbana más plenamente desarrollado que se vincule con el modelo de oferta. La investigación futura se beneficiaría de una mayor colaboración entre EPSAS y GAMEA para desarrollar el modelo de demanda de agua de la ciudad. En general, la recepción fue positiva frente al uso del modelo WEAP en los talleres del BID/MMAyA y por parte del grupo altamente competente de hidrólogos e ingenieros capacitados para usar WEAP, que participaron en representación de una serie de agencias gubernamentales y de EPSAS. Adicionalmente, los altos funcionarios comprenden el potencial de WEAP como herramienta para la toma de decisiones. Los talleres organizados periódicamente con el propósito de contar con un modelo de demanda urbana más completo basado en WEAP sirvió como plataforma ‘políticamente neutral’ de planificación colaborativa entre jurisdicciones. Como parte de este esfuerzo, es necesario realizar estudios adicionales de migración estacional y provocada por desastres en El Alto, y se deben examinar los peores escenarios que combinen la migración y la sequía bajo los estudios de alternativas regionales de suministro de agua, que se encuentran en ejecución. Se debería tener en cuenta la demanda pico para dimensionar y ubicar los nuevos reservorios, con el objeto de asegurar un suministro adecuado durante períodos de desastres naturales.

Desarrollar nuevas herramientas financieras para respaldar la densificación y asequibilidad de viviendas urbanas

Las inversiones públicas, como por ejemplo en viviendas de interés social, a través del Fondo de Vivienda Social (FONVIS), que principalmente brinda descuentos a los funcionarios públicos para comprar o construir viviendas, pueden servir como demostración de las normas y modelos del USPA para asentamientos densos, asequibles y de baja altura. Estas estrategias se deben enmarcar en el contexto del mercado de

viviendas de El Alto. Allí, como en muchas otras ciudades en América Latina, la economía formal ha fracasado ampliamente en el propósito de suministrar viviendas a más del 40 por ciento de los hogares, los cuales cuentan con un nivel de ingreso insuficiente para comprar una casa terminada y construida por el sector formal. Algunos expertos consideran que la solución es un aumento en la disponibilidad de terrenos residenciales con servicios públicos para los hogares de bajos ingresos, lo cual requiere necesariamente de la intervención del sector público. Como lo demuestran las experiencias anteriores, la compra de terrenos en el mercado abierto está por fuera del alcance de los hogares de menores ingresos (Smolka, 2005). Otras ciudades latinoamericanas han experimentado con proyectos y programas basados en modificaciones a las regulaciones de planificación urbana para permitir subdivisiones con tamaños de lotes más pequeños, menor cantidad de servicios y menores costos, como las Áreas de Interés Especial Social (ZEIS, por su sigla en portugués) permitida por la legislación brasileña. En conclusión, a pesar de que estas medidas no son suficientes para resolver el problema en estas ciudades, Smolka y Larangeira (sin fecha) argumentan a favor de las intervenciones del sector público en los mercados del terreno urbano que induzcan a los propietarios de terrenos urbanos y constructores inmobiliarios a vender terrenos con servicios a bajo costo. Estos casos de estudio pueden servir de lección para El Alto: Las intervenciones en el mercado de tierras con el fin de ampliar el suministro de terrenos de bajo costo dotados con servicios públicos podrían ser también un vehículo a través del cual se avance hacia las estrategias de gestión de la demanda del agua.

Utilizar los terrenos públicos como un bien de capital

La tierra en manos de organismos del sector público a todos los niveles de gobierno constituye un bien de capital significativo que se puede utilizar para cumplir con importantes objetivos públicos. Estas oportunidades, o ‘puntos de apoyo’ para la intervención del sector público están intrínsecamente ligadas con la dinámica de los mercados de vivienda y de terrenos. La venta o alquiler de terrenos por parte de las autoridades locales a entidades del gobierno nacional o a constructores inmobiliarios privados permitirá al gobierno local convertirse en un socio activo en proyectos financiados por dichas partes dentro de sus límites geográficos. El gobierno local puede efectuar contratos de arrendamiento o de venta de terrenos con términos circunstanciales que requieran apego a las normas arquitectónicas y de diseño de espacios basadas en el concepto de agrupamiento de ‘alta densidad/baja altura’. Este es el momento en el proceso, en donde el gobierno local puede estipular lineamientos (un USPA modificado u otras formas de directrices) que le permitan alcanzar sus objetivos de uso del suelo y asegurar un modelo de desarrollo que genere una plataforma para ejecutar estrategias que aborden la escasez de agua. En las entrevistas, las partes involucradas reconocieron el posible beneficio y utilidad de transferir terrenos en poder del gobierno nacional a las autoridades locales como un bien de capital que ellos podrían arrendar o aprovechar en alianzas benéficas para el desarrollo público/privado. No obstante, ellos también mencionaron las difíciles negociaciones que se deberían entablar entre los niveles de gobierno y organismos nacionales, que frecuentemente podrían no compartir los mismos intereses.

Conclusión

El Panel Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC, por su sigla en inglés) señaló en su Tercer Informe de Evaluación que los grupos más vulnerables al cambio climático tienden a ser los que tienen mayor sensibilidad al cambio climático y los que tienen menor capacidad de adaptación. Se define la vulnerabilidad de cualquier sistema a un estrés externo como una función de la exposición, sensibilidad y capacidad de adaptación (IPCC, 2001). El impacto del aumento en las temperaturas y un mayor nivel de precipitación tienden a ser más severos en áreas que ya enfrentan condiciones climáticas extremas, y donde existen sustentos marginales. La respuesta típica, como la que vemos en El Alto, ha sido concentrarse en soluciones de infraestructura que reducen la exposición física.

Como lo demuestra este caso de estudio de El Alto, el cambio climático influye en los conflictos existentes sobre escasez de recursos naturales y produce tensiones más allá de sólo sobre la base de recursos sino también, sobre la capacidad de adaptación política y financiera. Por lo tanto, la respuesta debe abordar de forma integral los factores de riesgo, integrando las consideraciones climáticas y nuevas iniciativas hacia el desarrollo más prioritario y el mejoramiento de la gobernanza. El papel de la planificación urbana y la adaptación espacial es mejor entendida para áreas susceptibles a demasiada precipitación, mientras que su papel en ambientes con sequía ha sido mucho más limitado. Este análisis sugiere que la planificación y gestión urbana tienen un papel que jugar en los entornos con sequía inducidos por el cambio climático, que en general se encuentran en lugares planos y de gran extensión conducentes a un desarrollo de crecimiento rápido. La sequía causará dos efectos principales: Tasas de migración del campo a la ciudad a un nivel similar o mayor al actual, y reducciones en el almacenamiento y suministro de agua. Estas tendencias conducirán al desarrollo hacia las afueras de la ciudad, y también pondrá nuevas cargas financieras significativas sobre los proveedores de servicios de agua en términos de mejoras en el capital de financiamiento para la expansión de la oferta, la ampliación del acueducto hacia la periferia y el mantenimiento de esta infraestructura. La vulnerabilidad de las comunidades pobres y periurbanas está asociada con la vulnerabilidad financiera de la empresa local prestadora del servicio de agua.

Las implicaciones de este análisis es fundamental para los implementadores nacionales e internacionales de proyectos de adaptación al cambio climático y de gestión de recursos hídricos en ambientes propensos a la sequía, y para apoyar técnica y financieramente el mejoramiento en la capacidad de gobernanza para gestionar el crecimiento urbano. Al mismo tiempo, la atención debe ponerse en la resiliencia frente al riesgo para el usuario final, debido a que la expansión de la capacidad hídrica no se traduce necesariamente en la protección climática frente a la calidad del agua, salud y vulnerabilidad financiera de los hogares. Sobre la base de las importantes y fundacionales inversiones en infraestructura hídrica actualmente en curso, una mayor coordinación horizontal y vertical de los recursos hídricos y del ordenamiento territorial, contribuirá a más comunidades prósperas económicamente y resilientes al cambio climático en ciudades de gran altitud.

Anexo 1: Metodología para armonizar los datos de uso de agua y del suelo

Para desarrollar un conjunto de datos de uso del agua y del suelo a escalas comparables, trabajamos con los datos de los recorridos de EPSAS, utilizando en gran medida los límites antiguos del distrito, antes de que estos fueran redefinidos en 2010, así como los límites de zonificación trazados en la USPA (ver Figuras A1 y A2). Para algunos cálculos, los recorridos que abarcaban múltiples designaciones de zonificación fueron eliminados del conjunto de datos.

La evaluación de la densidad real y la urbanización requiere la agrupación de los recorridos en las zonas de densidad USPA, y la aplicación de múltiplos al número de clientes por recorrido, para estimar la población real. En promedio, EPSAS estima que presta servicio a 5,7 personas por domicilio, aunque el censo de 2001 estableció un promedio de 3,5 personas por vivienda, y los documentos de planificación de la ciudad señalan 4,5 habitantes por unidad familiar. Como se muestra en la tabla A1, nuestras proyecciones establecen una estimación de 4 a 5,5 miembros por familia, un poco mayor que la estimación del censo, para tener en cuenta a los residentes temporales. EPSAS estima que presta servicio a alrededor del 89 por ciento de los hogares dentro de su área de cobertura, y a un 50 a 60 por ciento de las personas fuera de su área de servicio; el multiplicador se usa para tener en cuenta a esta población que no es cliente de EPSAS. Desafortunadamente, EPSAS no nos pudo compartir sus datos de porcentaje de clientes o de agua utilizada por clientes residenciales, comerciales e industriales. En consecuencia, este método contiene inexactitudes, dado que los usuarios incluyen complejos de apartamentos, clientes comerciales e industriales que no necesariamente se traducen en un número de residentes. Para verificar la exactitud de dichos multiplicadores, también agrupamos los recorridos para los límites del distrito antes de 2010. Como se muestra en la tabla A2, estas estimaciones de población en 2011 corresponden aproximadamente a las estimaciones de la población en los distritos en 2007 citadas en el *Plan de Desarrollo Municipal*.

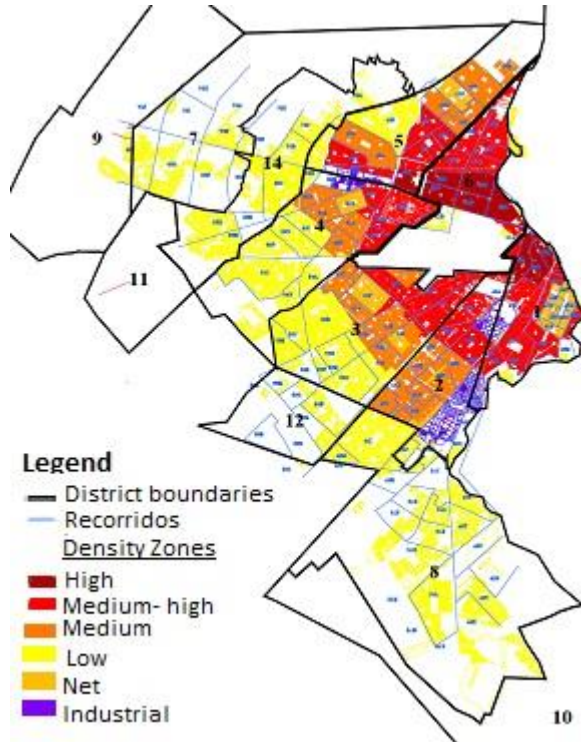
Tabla A1. Población estimada de distritos en 2011

Distrito (núm. en 2010)	Cientes de EPSAS en 2011	Estimación de población en distritos pre-2010 (estimación de EPSAS)	Estimación de población en 2007 (por PDM)	Notas
1	17.106	104.432	116.132	Los límites siguieron siendo los mismos
2	17.411	106.294	93.521	Los mismos límites
3 (3, 12)	34.505	236.135	189.382	Fue dividido en 2010
4	25.245	154.121	129.887	Esencialmente los mismos límites
5	21.212	129.499	128.721	Los mismos límites
6	18.909	115.439	103.632	Los mismos límites
7 + 9 (7, 9, 11, 13, 14)	6.107	111.728	34.212	Fue dividido en 2010
8	22.832	139.389	99.414	Los mismos límites
10	-	7.904	6.587	Estimación de la población de 2011 usando una tasa de crecimiento del 20% (PDM)
Total	179.695	1.097.038	904.078	

Tabla A2. Población estimada por área de zonificación basado en los los clientes por recorrido.

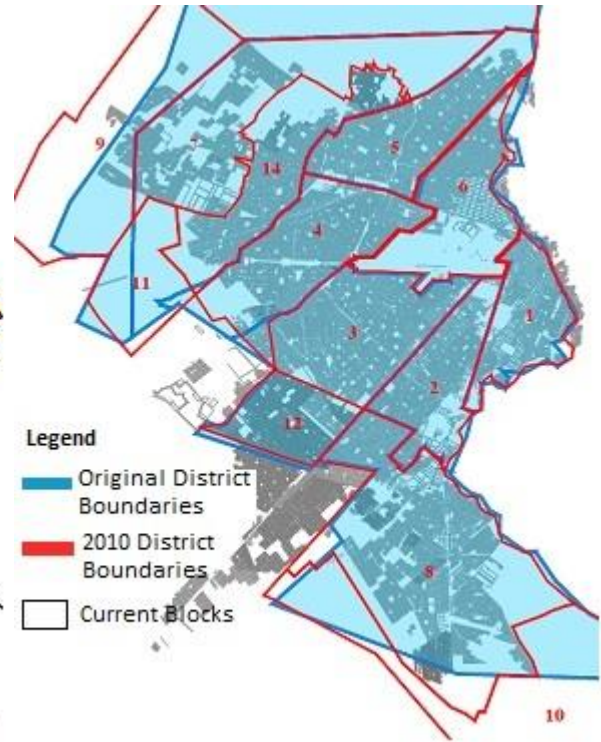
Zonificación	Densidad de zonificación por ha.	Densidad estimada	Cant. de recorridos por zona	Cant. de clientes de EPSAS	Personas por unidad familiar	% de acceso	Multiplicador	Población estimada
Alta	350-400	158	8	2.912	4	0,95	1,05	12,261
Media alta	300-350	124	22	43.413	5	0,95	1,05	228,489
Mediana	250-300	114	14	19.300	5,5	0,9	1,11	117,944
Neta	200-250	167	8	20.820	5,5	0,9	1,11	127,233
Baja	100-200	72	57	56.028	5,5	0,6	1,67	513,590

Figura A1. Mapa de recorridos de EPSAS esbozado en el mapa de zonificación de El Alto



Legend
 District boundaries
 Density Zones
 Original District Boundaries
 2010 District Boundaries
 Current Blocks

Figura A2. Mapa de límites previos a 2010 (azul) y redistribución de distritos en 2010 (rojo)



Leyenda
 Límites del distrito
 Zonas de densidad
 Límites originales del distrito
 Límites del distrito en 2010
 Bloques actuales

Anexo 2: Cambio climático en la zona andina

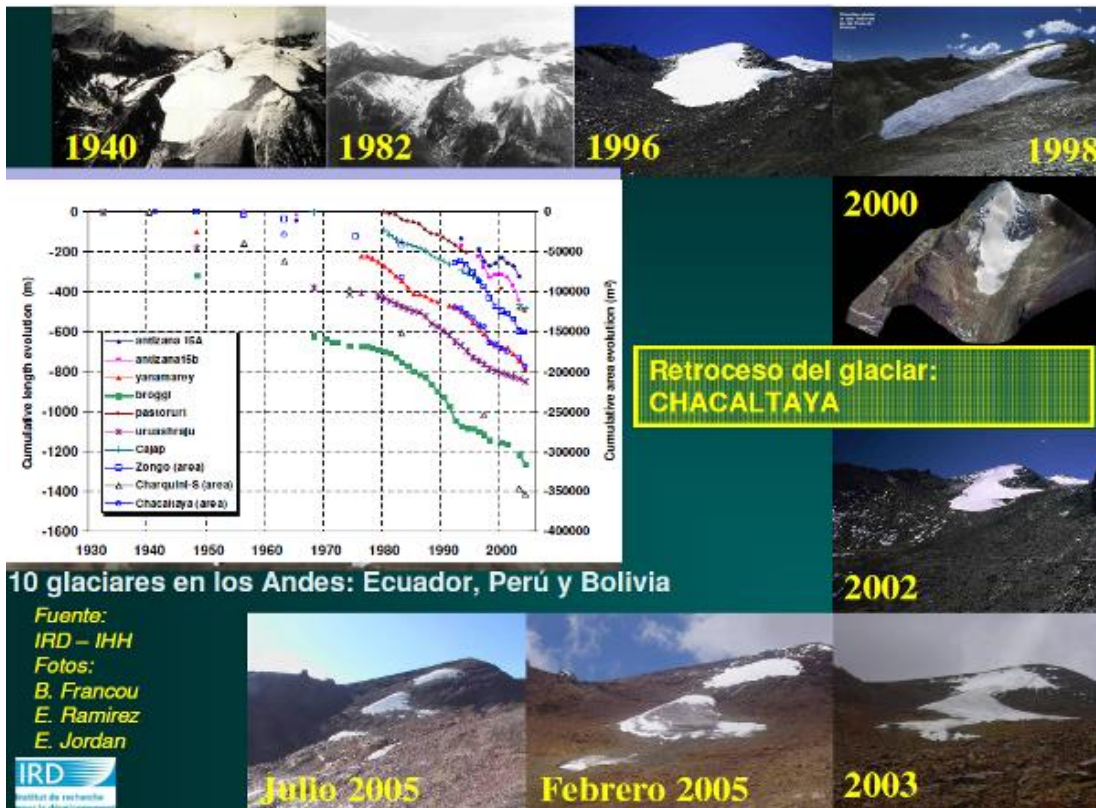
La región andina contiene aproximadamente el 95 por ciento de los glaciares tropicales del mundo, los que en general se encuentran en picos montañosos que se elevan a más de 5.000 metros sobre el nivel del mar (Lotze-Campen, 2009). Los glaciares tropicales tienden a ser más pequeños en tamaño, y por lo tanto más sensibles a cambios medioambientales, y la probabilidad de acumulación de nieve estacional a largo plazo fuera de las áreas glaciales es menor (Lotze-Campen, 2009; Vuille et al., 2008). En esta región, el cambio climático es ya una realidad, no una amenaza futura. Durante los últimos 50 a 70 años, la región andina ha experimentado un aumento de temperatura entre 1°C y 2,2°C (Futuro Latinoamericano, 2008). Este calentamiento ha coincidido con un retroceso glacial acelerado en Los Andes (Lotze-Campen, 2009).

Los sistemas de agua glaciales y montanos también sustentan las actividades agrícolas, la generación hidroeléctrica y los ecosistemas naturales (Banco Mundial, 2008b). Especialmente, durante la estación seca, los glaciares casi exclusivamente responden como reserva de agua urbana (Vuille et al., 2008). Dado que las estimaciones pronostican que en este siglo la temperatura crecerá otros 3°C a 5°C en la región (IPCC, 2007; Vuille et al., 2008), el descongelamiento glacial, como también la reducción en la precipitación, la escorrentía superficial y mayor evapotranspiración plantean serias preocupaciones para el suministro de agua a nivel rural y urbano de la región.

En las montañas sobre El Alto y La Paz, la temperatura aumentó 0.5°C entre 1976 y 2006, con el resultado de que entre 1983 y 2006 los glaciares de Tuni-Codoriri perdieron el 39 por ciento de su área, a una tasa de 0,24 km² por año (PNCC, 2007). La Oscilación Sur de El Niño (ENSO) afecta considerablemente los ciclos de sequía, inundación y helada en América Latina, y contribuye al descongelamiento glacial con la reducción de la precipitación, lo cual conduce a niveles más bajos de formación de hielo, exponiendo nuevas áreas a los rayos solares y a temperaturas de descongelamiento (Ramírez, 2009). Los eventos de El Niño en las décadas de 1980 y 1990 están asociados con sequías severas y cosechas devastadas en Bolivia, así como con un rápido descongelamiento glacial (figura A3).

Más recientemente, La Niña ha producido una precipitación por encima del promedio en toda América Latina, afectando en particular a La Paz, donde desembocan más de 200 ríos y riachuelos, y cuya urbanización se ha expandido a las grandes pendientes montañosas, sin estabilización del terreno. En la primavera de 2011, La Niña causó tormentas torrenciales e inundaciones, causando deslizamientos de tierra severos en La Paz. Estos deslizamientos destruyeron 7 comunidades, causando 60 muertes y dejaron sin vivienda a 11.000 personas. Durante el período de lluvias, El Alto sufre de inundaciones severas debido a su topografía plana en la base de las montañas, y por el hecho de que las vías construidas antes de 2006 no tenían el requisito de contar con sistemas de drenaje. Los drenajes existentes, que en su mayoría consisten en cunetas, suelen estar obstruidos por desechos sólidos. En consecuencia, las vías principales se han convertido por defecto en canales para conducir el agua lluvia, causando erosión e inundaciones. Tales eventos contribuyen erróneamente a una percepción pública de que la escasez de agua no constituye una amenaza inminente.

Figura A3. Desaparición del glaciar Chacaltaya (1940-2005)



Fuente: Ramírez, 2009

Referencias

- Agudelo-Vera, Claudia M., et al. (2011) "Resource Management as a Key Factor for Sustainable Urban Planning." *Journal of Environmental Management*, Vol. 92: 2295-2303.
- Andersen, L.E. and R. Mamani P. (2009) "Cambio Climático en Bolivia hasta 2100: Síntesis de Costos y Oportunidades. Economía del Cambio Climático en Bolivia. La Paz.
- Andrade, F.M. and B.L. Blacutt. (2010) "Evaluación del Modelo Climático Regional PRECIS para el Área de Bolivia: Comparación con Datos de Superficie." *Revista Boliviana de Física*, 16(16):1-12.
- Baldivieso Farfan, Daniela. Personal Communication. Responsable de Bienes Municipales. March 26, 2012.
- Barahona Parrado, Nelson. Personal Communication. Jefe de Unidad de Ordenamiento Territorial. March 26, 2012.
- Baumann, D. D., J.J. Boland, and W.M. Hanemann. (1998) *Urban Water Demand Management and Planning*. New York: McGraw-Hill.
- Berdeja Beltrán, Marcial. Personal Communication. Consultant to the Ministry of Environment on sanitary engineering and national water use efficiency strategies. March 23, 2012.
- Burchell, Robert, et al. (1997) "Costs of Sprawl—Revisited." Transit Cooperative Research Program, Federal Transportation Administration.
- Calizaya, Andres. Personal Communication. Research Professor at IHH. March 20, 2012.
- Calizaya Terceros, A., et al. (2012). "Estrategia para la Concertación y Sostenibilidad del Abastecimiento de Agua para la Ciudad de El Alto." Paper presented at the XXV Latin American Congress on Hydraulics, September 2012.
- Cairncross, S. (1987). "The Benefits of Water Supply" in Pickford, J., ed. *Developing World Water*. Grosvenor Press: London.
- Cathcart, R.B. and A.A. Bolonkin. (2007) "Lake Titicaca – Physics of an Inherited Hydropower Macroproject Proposal." Available online at: <http://arxiv.org/abs/physics/0703182v1>.
- Colque Tancara, Víctor. Personal Communication. Jefe de la Dirección del Medio Ambiente. March 23, 2012.
- Dalhuisen, et al. (2003) "Price and Income Elasticities of Residential Water Demand: a Meta-Analysis." *Land Economics*, 79(2): 292-139.

- de Condappa, D., Chaponniere, A., and Lemoalle, J. (2009) "A decision-support tool for water allocation in the Volta Basin". *Water International*, 34, 71-87.
- Dodman, D.; Mitlin, D.; and Rayos Co, J.C. (2009) "Victims to Victors, Disasters to Opportunities: Community-Driven Responses to Climate Change in the Philippines." *International Development Planning Review*, 32(1).
- Domene, Elena and David Saurí. (2006) "Urbanisation and Water Consumption: Influencing Factors in the Metropolitan Region of Barcelona." *Urban Studies*, Vol. 43 (9): 1605-1623.
- Dziegielewski, B. and J.C. Kiefer. (2010) "Appropriate Design and Evaluation of Water Use and Conservation Metrics and Benchmarks." *The American Water Works Association Water Conservation Division Subcommittee Report*.
- "El Alto registra desempleo crítico comparado con ciudades troncales." *El Diario*, March 2011.
- "Empresa de agua: En una resolución, la AAPS advierte de un riesgo de colapso y detalla 16 anomalías." *La Razón / La Paz*. December 14, 2012.
- EPSAS. (2012) Data on water consumption by recorrido for El Alto and map of recorridos. La Paz.
- _____. (2012) "Obras y Proyectos." La Paz: EPSAS.
- _____. (2011) Summary data on annual water production, active connections, and population served. El Alto.
- _____. (2010) "Memoria Institucional 2010." La Paz: EPSAS.
- "EPSAS recibe críticas a su labor y la transición agrava el problema." *La Razón*. February 11, 2008.
- Fernandes, Edésio. (2011). "Regularization of Informal Settlements in Latin America." Lincoln Institute for Land Policy Focus Report, Cambridge, MA.
- Futuro Latinoamericano. (2008) "Consultation to Assess Regional Priorities, Capabilities and Research Gaps on Climate Change and Poverty Reduction in Latin America and the Caribbean." Report Submitted by Fundación Futuro Latinoamericano to the International Development Research Centre (IDRC) and the Department for International Development of the United Kingdom. Quito.
- Gobierno Municipal de El Alto (GAMEA), Bolivia. (2002) *Plan de Ordenamiento Urbano y Territorial – Un Esquema Estructural, Tomo I y II*. El Alto: GAMEA.

- _____. (2007) *Suma Qamaña: Plan de Desarrollo Municipal, El Alto 2007-2011, Diagnostico Municipal*. El Alto: Dirección de Planificación Coordinación y Seguimiento, Unidad de Planificación Estratégica.
- _____. (2006) *Plan de Desarrollo Municipal 2006-2010, Marco Estratégico*. El Alto: Gobierno Municipal de El Alto.
- _____. (1999) *Plan Regulador de la Ciudad de El Alto*. El Alto: Presidencia de la República Comisión Impulsora para Combatir la Pobreza en la Ciudad de El Alto.
- _____. *Ciudad de El Alto: Reglamento de Uso del Suelo y Patrones de Asentamiento (USPA)*. El Alto.
- _____. (2011) AutoCad Maps of El Alto. El Alto: Departamento de Catastro.
- Gobierno Municipal de La Paz. (2007) *Plan de Desarrollo Municipal de La Paz, 2007-2011, Resumen Ejecutivo*. La Paz: Dirección de Planificación y Control.
- Hoellermann, B., Giertz, S., and Diekkruger, B. (2010) “Benin 2025 - Balancing future water availability and demand using WEAP System.” *Water Resources Management*, doi:10.1007/s11269-010-9622-z.
- Instituto de Hidrología y Hidráulica. (2011) “Oferta y Demanda de Agua en la Ciudad de El Alto.” Excel Spreadsheet and Charts. La Paz: IHH.
- Instituto Nacional de Estadísticas, Bolivia. El Alto Census Factsheet. (undated) La Paz: INE.
- _____. (2001) Censo Nacional 2001. La Paz: INE.
- InterAmerican Development Bank. (2010) “Programa de Drenaje Pluvial en los Municipios La Paz y El Alto, Bolivia: Análisis Ambiental, Informe Final.” Washington, DC: IADB.
- _____. (2007) “Estudio de Ingresos Municipales, País: Bolivia.” Washington, DC: IADB.
- International Monetary Fund. (2001) “Poverty Reduction Strategy Paper (PRSP) for Bolivia.” La Paz: IMF.
- Linaweaver, et al. (1967). “A Study of Residential Water Use.” Baltimore: Johns Hopkins University for the Federal Housing Administration and Department of Housing and Urban Development.
- Loh, M. and P. Coghlan. (2002) “Domestic Water Use Study: Perth, Western Australia 1998-2021.” Perth, Western Australia: Water Corporations.

- Lordemann, Javier Aliaga, and Tirza J. Aguilar Salas. “The Climate Change Effects on the Agricultural Sector of Bolivia.” Instituto de Investigaciones Socio-económicas, Universidad Católica Boliviana San Pablo.
- Lotze-Campen, H., et al. (2009) “Glacier Retreat in the Bolivian Andes as a Consequence of Global Climate Change.” Potsdam: University of Potsdam.
- Maquera, Antonio. Personal Communication. President of FESUCARUSU, union of per-urban workers. March 26, 2012.
- Martinez-Espiñeira, R. and C. Nauges. (2004) “Is All Domestic Water Consumption Sensitive to Price Control?” *Applied Economics*, 36: 1679-1703.
- Ministerio de Hacienda, Gobierno de Bolivia. (2003) “Ley 1178: Sistema Nacional de Planificación: Normas Básicas.” La Paz: Ministerio de Hacienda.
- Ministerio de Vivienda y Servicios Básicos, Gobierno de Bolivia. (2005) “Ordenamiento Espacial de los Asentamientos Humanos.” La Paz.
- _____. (1998) “Planificación Urbana Participativa.” La Paz: Programa de Apoyo a la Aplicación de Políticas en Asentamientos Humanos.
- _____. (1998) “Gestión en Obras y Servicios Municipales.” La Paz: Programa de Apoyo a la Aplicación de Políticas en Asentamientos Humanos.
- _____. (1998) “Aspectos Ambientales en el Diseño Urbano.” La Paz: Programa de Apoyo a la Aplicación de Políticas en Asentamientos Humanos.
- Mukhopadhyay, et al. (2001) “Analysis of Freshwater Consumption Patterns in the Private Residences of Kuwait.” *Urban Water*, 3: 53-62.
- Painter, J. (2007) “Deglaciation in the Andean Region.” In *Human Development Report 2007/2008: Fighting Climate Change: Human Solidarity in a Divided World*. New York: UNDP, Human Development Report Office.
- Parry, M.L., et al, eds. (2007) *Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC)*. Cambridge, United Kingdom and New York: Cambridge University Press.
- Programa Nacional de Cambios Climáticos. (2007). “Deshielo de la Cuenca del Tuni Condoriri y su impacto sobre los recursos hídricos de las ciudades de La Paz y El Alto.” Final report of the project. La Paz, Bolivia.
- Quezada, David. “La Metrópoli Andina, La Paz-El Alto; Cambio Climático y Justicia Caso Urbano.” El Alto: Red Hábitat, 2010.
- Ramirez, Edson. (2009) “Cambio Climático, Disponibilidad de Recursos Hídricos y Medidas de Adaptación en Bolivia.” Presentation in Buenos Aires, Feb. 2009.

- Renwick, M. and S. Archibald. (1998) "Demand Side Management Policies for Residential Water Use: Who Bears the Conservation Burden?" *Land Economics*, 74(3): 343-359.
- Rodriguez, G. Personal Communication. Head of EPSAS operations in El Alto. March 23, 2012.
- Rojas, Eduardo. (2008) "Governing the Metropolis: Principles and Cases." Chapter in Rojas, Eduardo, Juan R. Cuadrado-Roura, Jos. Miguel, Fernandez Güell, eds, "The Metropolitan Regions of Latin America: Problems of Governance and Development." Washington DC and Cambridge: Inter-American Development Bank and David Rockefeller Center for Latin American Studies, Harvard University.
- Sandoval-Solis S., McKinney D. (2010) "Evaluation of water conservation measures implemented in the Rio Grande/Bravo Basin." In Proceedings World Environmental & Water Resources Congress 2010, doi:10.1061/41114(371)212.
- Shaban, Abdul. (2008) "Water Poverty in Urban India: a Study of Major Cities." UGC – Academic Staff College of Jamia Millia Islamia, New Delhi.
- Sierra, Katherine. (2011) *Adaptation to Climate Change in Developing Country Urban Deltas: Issues and Approaches*. Cambridge: Lincoln Institute of Land Policy Working Paper.
- Smolka, Martim and Larangeira. (Year) "Land: A Scarce Resource -Affordable Urban Land and the Prevention of Informal Settlements," Chapter in Building Cities, Inter-American Development Bank; Cities Alliance; David Rockefeller Center for Latin American Studies, Harvard University.
- Smolka, Martim, and Ciro Biderman. (2011) "Housing Informality: an Economist's Perspective on Urban Planning." In *Oxford Handbook of Urban Economics and Planning*, Nancy Brooks, Kieran Donaghy, and Gerrit Knaap, eds. New York: Oxford University Press.
- Syme, G.J., Q. Shao, M. Po, and E. Campbell. (2004) Predicting and Understanding Home Garden Water Use." *Landscape and Urban Planning*, 68: 121-128.
- Thibeault, J. M., A. Seth, and M. Garcia. (2010). "Changing climate in the Bolivian Altiplano: CMIP3 projections for temperature and precipitation extremes." *Journal of Geophysical Research*, 115.
- Troy, Patrick, Darren Holloway and Bill Randolph. (2005) "Water Use and the Built Environment: Patterns of Water Consumption in Sydney." City Futures Research Centre, Research Paper No. 1, University of New South Wales.
- UCAR. (2007) "RCPM: Regional Climate-Change Projections from Multi-Model Ensembles." Available online at: <http://rcpm.ucar.edu>.

- USAID. (2005) “Estudio sobre el Catastro en Bolivia.” Washington DC: USAID.
- _____. (2004) “Evaluación de la Ciudad de El Alto.” El Alto/La Paz: USAID.
- Varis, Otto. (2006) “Megacities, Development and Water.” *Water Resources Development*, Vol. 22(2): 199-225.
- Vasquez, Martha. Personal Communication. Former Representative of Neighborhood FEJUVE. March 26, 2012.
- Vuille, Mathias, et al. (2008) “Climate Change and Tropical Andean Glaciers: Past, Present and Future.” *Earth-Science Reviews*, 89: 79-96.
- WELL. (1998) “Guidance Manual on Water Supply and Sanitation Programmes.” WEDC: Loughborough UK.
- WHO. (2003) *Domestic Water Quantity, Service, Level and Health*. Geneva: World Health Organization.
- World Bank. (2006) “The Challenge of Reducing Non-Revenue Water (NRW) in Developing Countries: How the Private Sector Can Help: a Look at Performance-Based Service Contracting.” Water Supply and Sanitation Sector Board Discussion Paper Series, Paper No. 8.
- World Bank. (2008a) “Climate Change Aspects in Agriculture: Bolivia Country Note.” Washington, DC: World Bank.
- _____. (2008b) “Project Appraisal Document for an Adaptation to the Impact of Rapid Glacier Retreat in the Tropical Andes Project.” Washington, DC: 2008.
- Zambrana, Salim Yapur. Personal Communication. IADB Coordinator embedded within the Government of El Alto Planning Department. March 26, 2012.
- Zotez Araoz, Jorge. Personal Communication. Gerente Tecnico de EPSAS. March 26, 2012.