

La sostenibilidad del ciclo urbano del agua como condición de adaptación frente al desafío del cambio climático

Urban water cycle sustainability as a condition of adaptation facing the climate change challenge

Mario Alejandro Nudelman*, Rafael Pérez-García**, Antonio Caselles Moncho***

RESUMEN

El cambio climático, consecuencia de la extralimitación de la contaminación con energía fósil proveniente del crecimiento material de la sociedad humana desde la Revolución Industrial, ha desencadenado un cambio en las condiciones conocidas del ciclo hidrológico, con manifestaciones regionales particulares. Dicha extralimitación también se ha manifestado directamente en el sector del agua. Esta aguda transformación, según lo indican los más recientes informes del *Intergovernmental Panel of Climate Change* (IPCC), pone en una encrucijada la construcción de condiciones sostenibles del ciclo urbano del agua. Por ello, se exponen en este trabajo los principales ejes para un enfoque adaptativo de los abastecimientos de agua a las condiciones extremas que acarrea el cambio climático; desafíos que se suman a los déficits ya existentes. Además, se focaliza un caso de referencia para identificar criterios coherentes de diseño de modelos que contribuyan a la toma de decisiones locales sostenibles en condiciones de cambio, como las que aquí se exponen.

ABSTRACT

Climate change, consequence of excessive fossil energy pollution since the Industrial Revolution, has triggered a change of the known conditions of the hydrological cycle, with particular regional manifestations. This overreach is also manifested directly in the water sector. According to the most recent reports of the Intergovernmental Panel of Climate Change (IPCC), this acute transformation indicates lays at a crossroads the construction of sustainable conditions of the urban water cycle. Main axes for an adaptive approach of water supply to the extreme conditions derived from climate change are exposed in this work. It is worth noting that the derived challenges add to the existing deficits. We focus on a case of reference to identify consistent criteria of design models that contribute to local sustainable decision-making in condition changing conditions as the ones presented.

Recibido: 6 de octubre de 2015

Aceptado: 11 de abril de 2016

Palabras clave:

Extralimitación; cambio climático; sostenibilidad del ciclo urbano del agua; enfoque adaptativo.

Keywords:

Overreach; sustainability of the urban water cycle; climate change; adaptive approach.

Cómo citar:

Nudelman, M. A., Pérez-García, R., & Caselles Moncho, A. (2016). La sostenibilidad del ciclo urbano del agua como condición de adaptación frente al desafío del cambio climático. *Acta Universitaria*, 26(NE-3), 14-26. doi: 10.15174/au.2016.1024

INTRODUCCIÓN

La sostenibilidad del ciclo urbano del agua ha sido, en estos últimos tiempos, objeto de desarrollos y estudios de diversos tipos. Muchos de estos han buscado con gran acierto convertir en conjuntos de indicadores este “meta-concepto”, a efecto de traducirlo a niveles operativos como soporte para la toma de decisiones (locales o regionales) que sirvan de orientación en el momento de alcanzar niveles de equilibrio entre los recursos hídricos disponibles y las actividades consumidoras de agua que responden a pautas económicas y de estilos de vida definidos y la mediación económica y tecnológica que permita establecer dichos equilibrios sostenidos por una decisión política basada en consensos. En este sentido, caben destacar —sin ánimo de ser exhaustivos— dos trabajos por la afinidad que tienen con el enfoque de los autores sobre dicho tema: el Proyecto europeo Trust (Cunha

* Centro para la Gestión Local Sostenible del Agua y del Hábitat Humano, Facultad de Ciencia y Tecnología (CEGELAH-FCYT), Universidad Autónoma de Entre Ríos. Km. 10.5 RPN 11, Oro Verde, Entre Ríos, Argentina, C.P. 3100. Correo electrónico: manudel63@gmail.com

** Grupo FLuIng, Instituto Universitario de Matemática Multidisciplinar (IMM), Universitat Politècnica de València. Camino de la Vera s/n, Edif. 5C, Valencia, España, C.P. 46022. Correo electrónico: rperez@upv.es

*** Departament de Matemàtica Aplicada, Facultat de Matemàtiques, Universitat de València. Dr. Moliner núm. 50, Burjassot, Valencia, España, C.P. 46100. Correo electrónico: antonio.caselles@uv.es

& Van Leeuwen, 2012), en el cual, a las tradicionales interrelaciones entre factores ambientales, sociales y económicos, se suman las vinculadas con la infraestructura y la gobernanza, en un análisis que brinda a los principales actores locales intervinientes en el ciclo del agua soportes para la toma de decisiones que contribuyan a su sostenibilidad. También es destacable el Proyecto Liwa (Schütze, 2013), donde la sostenibilidad del ciclo del agua de un caso Latinoamericano (Lima, Perú) es llevada a un plano de simulación dinámica y utilizada como intermediación en la búsqueda de consensos entre los actores intervinientes en el ciclo del agua en dicha ciudad.

Este trabajo pretende suscitar la reflexión sobre cómo el cambio climático puede transformar el siempre frágil equilibrio del ciclo hidrológico. Para ello, se presentan algunas notas sobresalientes acerca del cambio climático: cómo este es consecuencia del crecimiento material irrestricto sin que lo adviertan las personas y cómo la magnitud y la escala del cambio climático afectan y afectarán los patrones del ciclo hidrológico y, con ello, las pautas de un equilibrio sostenible que aparecerá siempre provisorio. Se propone, a partir del enfoque adaptativo que sostienen tanto el *Intergovernmental Panel of Climate Change* (IPCC) de las Naciones Unidas como otros organismos, un conjunto de ejes sobre los cuales establecer objetivos de sostenibilidad dentro de este entorno de profundas e imprevisibles transformaciones en pleno desarrollo y a escala planetaria.

MATERIALES Y MÉTODOS

El artículo está basado en una búsqueda bibliográfica tanto de documentación impresa como electrónica. Por una parte, el primer objeto de búsqueda estuvo centrado en fundamentar la relación existente entre cambio climático y ciclo hidrológico, como entorno de recursos hídricos para la gestión local sostenible del ciclo urbano del agua; por otra parte, se centró en los modelos de simulación existentes que facilitan la toma de decisiones para alcanzar dicha gestión sostenible. En este último, se buscó no solo reconocer modelos aplicables, sino entenderlos como instrumentos en manos de los actores intervinientes para alcanzar consensos en dicho sector que permitan construir equilibrios técnicos, sociales y políticos que alcancen a todos los habitantes de la esfera local. En este contexto, se destacan dos obras pioneras de los años setenta: *La revolución de la esperanza. Hacia una tecnología humanizada*, de Erik Fromm (2010), y *Los límites del crecimiento*, de Meadows, Randers & Meadows (2012). El aporte de la primera radica en la

clarificación de las relaciones entre tecnología e instrumentalización de las necesidades materiales de las personas y sus consecuencias sobre la población y el medio ambiente; y la segunda aporta la verificación de las consecuencias negativas sobre el medio ambiente, expresadas dentro del término *extralimitación*, especialmente en el sector de los recursos hídricos, lo cual en la actualidad puede verificarse de modo objetivo con consecuencias demasiado preocupantes para la vida en el planeta. Dicha verificación viene de la mano fundamentalmente de los últimos informes del IPCC y de la incisiva obra de Hamilton, *Réquiem para una especie* (2011). Se utilizan diagramas y tablas que permiten al lector concentrar su atención en los conceptos sobresalientes para la comprensión de las relaciones entre cambio climático y ciclo hidrológico. Por último, se adoptan los principios del enfoque adaptativo brindados por el IPCC para determinar los ejes principales para definir la sostenibilidad del ciclo urbano del agua ante las consecuencias que, regionalmente, pueden establecer el cambio climático sobre el ciclo hidrológico y, con ello, sobre los abastecimientos de agua y saneamiento, aplicados a un caso en estudio por los autores, ubicado en la cuenca del río Paraná (Fontana, Chaco, Argentina), y basados en el Tercer Comunicado Nacional sobre el Cambio Climático y el trabajo de Saurral sobre el comportamiento a futuro de los caudales de los principales ríos que componen la Cuenca del Plata. Es importante destacar que el material presentado sobre cambio climático y enfoque adaptativo expresa las proyecciones futuras reconocidas por la comunidad científica internacional, concentrando la óptica del lector en el valor de la prospectiva como instrumento de planificación. Por lo tanto, las conclusiones mostrarán especulativamente un conjunto de ejes de atención para la planificación dinámica del sector, resaltando factores que favorezcan equilibrios locales ante un entorno ambiental del cual habrá que volver a aprender.

RESULTADOS

Fundamentos de la sociedad tecnológica del consumo y el crecimiento irrestricto

Erik Fromm (2010), establece dos principios que sostienen a la sociedad tecnológica actual:

El primer principio es la máxima de que algo debe hacerse porque resulta posible técnicamente hacerlo. Si es posible fabricar armas nucleares, deben fabricarse aun cuando puedan destruirnos a todos. Si es posible viajar

a la Luna o a los planetas, debe hacerse aun a costa de dejar insatisfechas numerosas necesidades aquí en la Tierra. Este principio implica la negación de todos los valores que ha desarrollado la tradición humanista, tradición que sostiene que algo debe hacerse porque es necesario para el hombre, para su crecimiento, su alegría y su razón, o porque es bello, bueno o verdadero. Una vez que se acepta este principio de que las cosas deben hacerse porque técnicamente son posibles, todos los demás valores caen por tierra y el desarrollo tecnológico se convierte en el fundamento de la ética (Fromm, 2010).

De esta forma, existe una escisión entre el objeto producido y su sistema productor y la necesidad que busca satisfacer. Esto es coincidente con la visión de Dussel (1984), quien destaca:

Las formas actuales de absorción y utilización del proceso tecnológico, determinadas por las condiciones existentes de control del poder, son incompatibles con la satisfacción de las necesidades básicas de la población mundial: trabajo, pan y techo (Dussel, 1984).

El siguiente principio es el que se muestra a continuación:

El segundo principio es el de la máxima eficiencia y rendimiento. Pero el requisito de eficiencia máxima lleva como consecuencia al requisito de la mínima individualidad. Se cree que la máquina social trabaja más eficientemente cuando los individuos son rebajados a unidades puramente cuantificables, cuyas personalidades pueden expresarse en tarjetas perforadas. [...] Mas para alcanzar este resultado, el hombre debe ser des-individualizado y enseñado a hallar su identidad en la corporación antes que en él mismo (Fromm, 2010).

Los efectos asociados a estos dos principios ejemplifican los mecanismos por los cuales la sociedad humana ha intervenido en el medio ambiente sin contemplar sus límites. Por tanto, se deben considerar las condiciones de espacio y tiempo, algo que a corto plazo para una determinada área puede parecer eficiente, puede no serlo a largo plazo. Algo puede parecer eficiente gracias a una definición estrecha, pero puede ser muy ineficiente si se amplía el tiempo y el alcance de la discusión. En Economía hay una conciencia en aumento de los llamados *efectos circunvecinos*, los cuales van más allá de la actividad inmediata y que, a menudo, se pasan por alto al considerar los beneficios y los costos. Un ejemplo de lo antes mencionado sería evaluar la eficiencia de un proyecto industrial particular solo de acuerdo con los efectos inmediatos de esta empresa, olvidando que los desperdicios depositados en corrientes cercanas y en el aire representan una seria y costosa ineficiencia para la comunidad, aunque para la empresa promotora no lo sea.

Entre estos dos principios, la mayoría de las personas ocupa el rol secundario de ser consumidores. Todas las otras potencialidades de las personas están supeditadas a la potencia del consumo, pero, ¿qué poder tiene como consumidor? Existen docenas de marcas, y todas estas cosas buscan su preferencia. Están ahí “para su placer”. El consumidor es libre de preferir una marca o un producto en lugar de otro, olvidando que no hay diferencias esenciales; y esta libertad de otorgar su preferencia a su producto favorito le produce una sensación de potencia, como comprador y consumidor. El Hombre en cuanto tal es impotente, muestra su potencia en cuanto consumidor (categorías presentadas en estos términos por Erik Fromm). Cuando la tecnología presenta innovaciones dentro de esta lógica de consumo, existen ingentes recursos orientados a suscitar la “necesidad” en las personas para que su consumo se oriente hacia dicha innovación. Todo esto bajo periodos de caducidad (real o pautados por la moda de turno) cada vez acotados para tirar y volver a comprar; un círculo al que solo acceden los sectores sociales con poder adquisitivo.

Reducida la libertad de la persona a la posibilidad de elegir productos y marcas, se presenta como necesario un cambio hacia una sociedad donde la persona y su desarrollo integral vuelva a ser el centro de atención. Una empresa que supone un cambio cultural de gran profundidad.

¿Puede hacerse algún intento por restringir esta sensación de potencia limitando la libertad de elección en el consumo? Parece razonable suponer que es posible hacerlo bajo una sola condición: que el clima entero de la sociedad cambie y le permita al Hombre ser genuinamente activo y estar interesado en sus asuntos individuales y sociales y, por consiguiente, menos necesitado de esa falsa libertad de ser el rey del supermercado.

Junto con el centro de atención de las personas puestas en el consumo, el otro factor de enajenación de la sociedad es la delegación de las certidumbres en “los que saben”, renunciado a las capacidades humanas de analizar, construir conclusiones y obrar en consecuencia.

Con el advenimiento del enfoque científico y la corrosión de la certidumbre religiosa, el Hombre se vio impelido a buscar una nueva certidumbre. La ciencia pareció, en un principio, ser capaz de brindarle la nueva base; y así funcionó para el Hombre racional de los últimos siglos. No obstante, con la creciente complejidad de la vida, con el sentimiento cada vez mayor de impotencia y aislamiento individual, el Hombre orientado por la ciencia dejó de ser racional e independiente,

perdió el valor para pensar por sí mismo y tomar decisiones basadas en su pleno compromiso intelectual y emocional con la vida, quiso cambiar la “certidumbre incierta” que proporciona el pensamiento racional por una “certidumbre absoluta”: la pretendidamente “científica” que se funda en la predictibilidad. La cara visible masificada, hoy en día, de dicha predictibilidad es la de la computadora.

Esta delegación de la certidumbre en la ciencia y la tecnología incorpora un proceso donde los dos principios de la sociedad tecnológica son rectores del mismo. El proceso es denominado *lógica de los hechos*, basado en los juicios, marcos teóricos y visiones de los científicos, tecnólogos y especialistas que le han dado curso. Este proceso muchas veces queda expresado en un determinado programa informático:

Debemos ahora aplicarnos a la cuestión: ¿qué es lo erróneo del principio de que la computadora puede hacer la mejor decisión posible acerca de las acciones futuras, si le suministramos todos los hechos? Pero ¿qué son los hechos? En sí mismos, los hechos, aun cuando sean correctos y no estén deformados por inclinaciones personales o políticas, no pueden solamente carecer de significación; pueden ser falsos a causa de su misma selección, ya desentendiendo lo relevante, ya esparciendo y desmenuzando tanto el propio pensamiento que se es menos capaz de tomar decisiones significativas cuanto más “información” se recibe. Seleccionar los hechos supone evaluar y elegir. Percatarse de esto es una condición necesaria para utilizar racionalmente los hechos (Fromm, 2010).

Lo anterior muestra de qué forma los principios de la sociedad tecnológico-consumista pueden estar presentes en dicha *lógica de los hechos*, pero no solo los hechos mismos están escogidos y ordenados de acuerdo con valores. La programación de la propia computadora se basa en valores incorporados con frecuencia inconscientes. El principio de que “cuanto más produzcamos tanto mejor” es en sí mismo un juicio de valor. Si en su lugar creyéramos que nuestro sistema debería conducir a alcanzar el punto óptimo en el Hombre de la disposición interna a la acción y de la prioridad de lo vivo, programaríamos de una manera distinta, y hechos muy diferentes vendrían a ser los relevantes. Un resumen de lo expuesto lo podemos apreciar en la figura 1.

Las consecuencias negativas que la sociedad tecnológica traería sobre las personas y los ecosistemas de Fromm (2010) son coincidentes con las que científicos del *Massachusetts Institute of Technology* (MIT), Meadows *et al.* (2012) presentaban en 1972 en la controverial obra *Los límites del crecimiento*. En su reedición del 2012, verifican el enfoque sistémico con que habían abordado el tema de la relación de las principales actividades económicas impulsoras del crecimiento material con los recursos y sumideros naturales. Se pondrá en foco a continuación las consecuencias de dicho crecimiento material sobre el cambio climático y sus incidencias sobre el sector del agua.

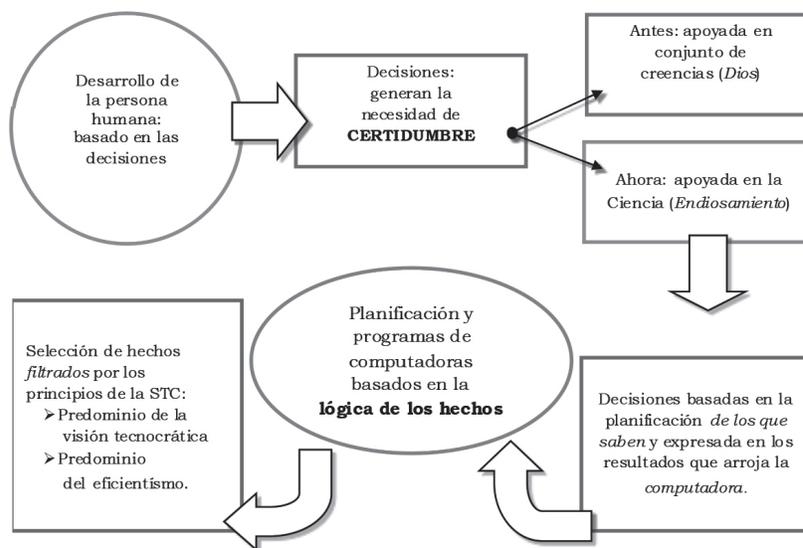


Figura 1. Mapa conceptual: la planificación en la sociedad tecnológica consumista.
Fuente: Elaboración propia.

Cambio climático y uso global del agua dulce: evidencias de extralimitación

Cuando se habla de crecimiento económico, las connotaciones en el mundo son positivas. Existe un consenso generalizado en todos los niveles de que el crecimiento material es una condición inamovible para la “felicidad de los pueblos”. Inclusive, Meadows *et al.* (2012) lo aclaran: “Vale la pena repetir que el crecimiento no conduce necesariamente al colapso. El colapso solo sigue al crecimiento si este se extralimita y sobre-explota las fuentes y sumideros del planeta hasta los niveles superiores a los sostenibles” (Meadows *et al.*, 2012).

La mayor controversia que esta obra citada causó en su tiempo fue la generada en el campo de la economía, la verificación de que los recursos naturales podrían ponerle un límite a dicho crecimiento cuando se extralimitaban sus capacidades, tanto en su explotación como en los servicios ambientales de absorción de contaminantes en los denominados sumideros naturales. La actividad económica ofrece numerosos ejemplos de extralimitación: las empresas constructoras edifican periódicamente más viviendas que las que puede absorber la demanda, lo que conlleva vender unidades por debajo del coste y enfrentarse a la posibilidad de la quiebra. A menudo se construyen demasiados buques de pesca, y entonces las flotas pesqueras crecen tanto que capturan mucho más que el volumen sostenible; de este modo se agotan las poblaciones de peces y los buques deben permanecer en puerto.

Las invariantes que confluyen en cualquier tipo de extralimitación son:

Las tres causas de extralimitación son siempre las mismas, en cualquier dimensión, desde la personal hasta la planetaria. En primer lugar el crecimiento, la aceleración, el cambio rápido. En segundo lugar, alguna especie de barrera o límite que impide el correcto funcionamiento del sistema dinámico. Por último, se produce un desfase o error de percepción en las respuestas encaminadas a mantener el sistema dentro de sus límites (Meadows *et al.*, 2012).

A continuación, puede visualizarse dicha extralimitación a nivel atmosférico. La figura 2 muestra el crecimiento exponencial de los contenidos de Gases de Efecto Invernadero (GEI) en la atmósfera.

Este crecimiento exponencial cobra real relevancia a la luz de los resultados obtenidos por la paleoclimatología, mediante el estudio de la composición atmosférica en las muestras estudiadas de hielo antártico. Las conclusiones de estos estudios quedan expresadas en la figura 3.

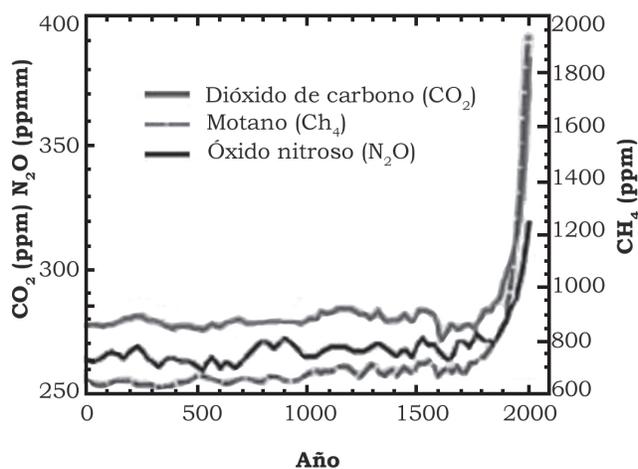


Figura 2. Evolución histórica de las concentraciones de gases de efecto invernadero (GEI) de los últimos dos mil años, medidos en partes por millón volumétrico. Fuente: US Environmental Protection Agency (EPA, 2015).

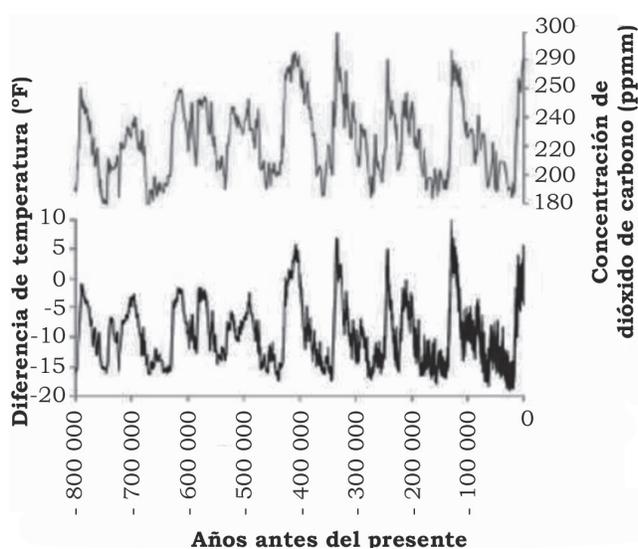


Figura 3. Evolución histórica de las concentraciones de GEI de los últimos dos mil años, medidos en partes por millón volumétrico. Fuente: US Environmental Protection Agency (EPA, 2015).

En la figura 3 cabe destacar que el aumento de temperatura corresponde a altos contenidos de CO_2 en periodos interglaciales. Otro dato revelador es que la vida en el planeta, tal cual se ha conocido, se desarrolló sin superar en ningún periodo contenidos superiores a 300 partes por millón (ppm), con lo cual se puede deducir que a lo largo de los últimos 800 000 años de desarrollo de la vida sobre la Tierra los gases atmosféricos, especialmente el CO_2 , se han

mantenido en niveles ultraestables. En el periodo de los últimos trescientos años, donde quedan evidenciadas las consecuencias de la actividad humana posindustrial, se ha superado dicha barrera de los 300 ppm.

La forma en que los GEI han quedado registrados es en el incremento de la temperatura de superficie, como lo muestra la figura 4.

Un crecimiento documentado de unas décimas de grado parecería que influiría muy poco sobre el clima. Nada más lejos de ello: el límite consensuado como de “seguridad” por los expertos del panel internacional de cambio climático y presentado inicialmente por la Unión Europea es de + 2 °C por encima de los promedios de temperatura de superficie del periodo pre-industrial: “La Unión Europea, resuelta a determinar lo que significa calentamiento ‘peligroso’ en la Convención marco de la ONU sobre Cambio Climático, adoptó 2 °C como nivel máximo debajo del cual hay que mantener el calentamiento” (Hamilton, 2011).

El incremento de temperatura asociado a las concentraciones de GEI no se comporta como un mecanismo lineal. La caracterización de dicho mecanismo es la siguiente:

La temperatura está relacionada con la concentración de gases de invernadero. Esta concentración se expresa generalmente en CO₂-equivalente. Esta relación no es matemática, es decir no se puede afirmar que una determinada concentración suponga una temperatura media concreta sino que la relación se expresa en términos de probabilidad. El reciente informe del IPCC recoge que una concentración de 510 ppm, de CO₂eq nos da un 33% de probabilidades de evitar que la temperatura sobrepase los 2 °C. Una concentración de 590 ppm solo nos daría un 10% de probabilidades. Un reciente informe del climatólogo Malte Meinshausen recogía datos similares: 550 ppm de CO₂-eq supone 63% - 99%, con una media de 82% de probabilidades de superar los 2 °C. 475 ppm daría una media del 64% de superar este límite. Solo si se estabiliza la concentración en 400 ppm habría una probabilidad baja, 28% de superar los 2 °C (Larios, 2008).

Esta información precedente está totalmente avallada por el IPCC, en su informe 2013:

En los últimos 800 000 años, las concentraciones atmosféricas de dióxido de carbono, metano y óxido nitroso han aumentado a niveles sin precedentes. Las concentraciones de dióxido de carbono han aumentado en un 40% desde la era preindustrial debido, en primer lugar, a las emisiones derivadas de los combustibles fósiles y, en segundo lugar, a las emisiones netas derivadas del cambio de uso del suelo (IPCC, 2013).

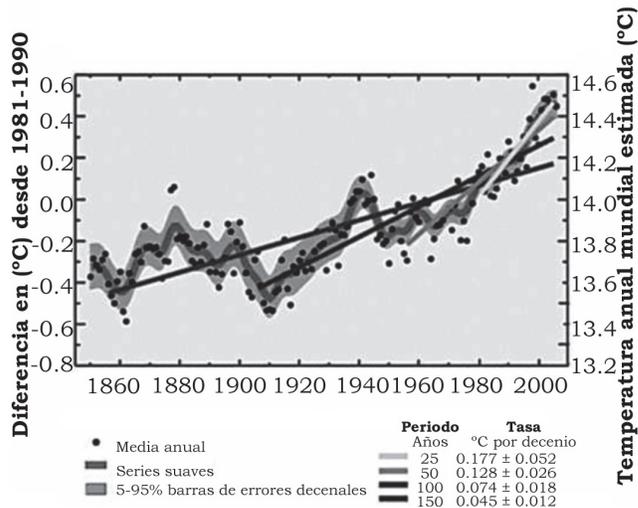


Figura 4. Crecimiento de la Temperatura Media Anual del Planeta Gráfico basado en los Informes del Intergovernmental Panel of Climate Change (IPCC, 2008). Fuente: Larios (2008).

Por último, y a modo de consecuencias del planteo central de la sociedad tecnológica presentado al inicio, la siguiente afirmación:

Se ha detectado la influencia humana en el calentamiento de la atmósfera y el océano, en alteraciones en el ciclo global del agua, en reducciones de la cantidad de nieve y hielo, en la elevación media mundial del nivel del mar y en cambios en algunos fenómenos climáticos extremos. Esta evidencia de la influencia humana es mayor desde que se elaborara el Cuarto Informe de Evaluación. Es sumamente probable que la influencia humana haya sido la causa dominante del calentamiento observado desde mediados del siglo XX (IPCC, 2013).

En esta situación límite del cambio climático, ¿cómo se encuentra la situación de las fuentes de agua en relación con el consumo y a la emisión de aguas residuales? La explicación de la figura 5 hecha por los autores es la siguiente:

La parte superior de la figura 5 representa el límite físico máximo del uso humano del agua, el caudal total anual de los ríos del mundo (incluida la recarga de todos los acuíferos subterráneos). Esta es la fuente renovable de la que se extraen prácticamente todos los insumos de agua dulce para la economía humana. Es una cantidad enorme de agua: 40 700 km³ al año, suficientes para llenar los cinco grandes lagos de Norteamérica cada cuatro meses. Parece, en efecto, que es un límite muy lejano, dado que las captaciones de agua actuales por los humanos apenas superan un décimo de este volumen: 4430 km³ al año (Meadows *et al.*, 2012).

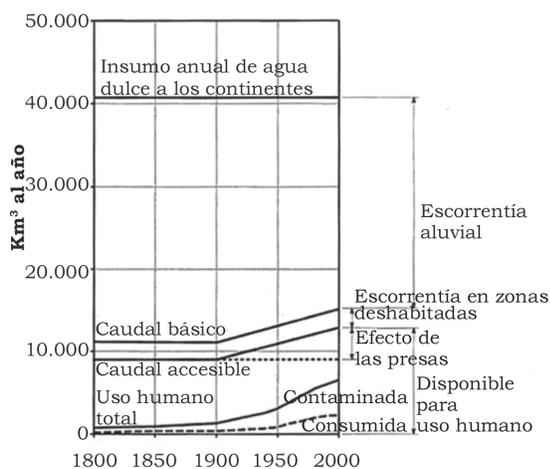


Figura 5. Recursos de agua dulce y evolución del uso para actividades humanas. Fuente: Elaboración propia con base en Meadows et al. (2012).

Es destacable desde el punto de vista del usuario, especialmente los que están ubicados en entornos donde los recursos hídricos cobran forma de grandes lagos o ríos, o de precipitaciones abundantes en determinados periodos del año, pues forja en el imaginario colectivo la idea de que “el agua sobra”. Esta imagen no se condice con las posibilidades reales de acceso a la misma; en la práctica toda esta escorrentía de agua dulce no puede aprovecharse. Gran parte es estacional: nada menos que 29 000 km³ al año fluyen hacia el mar por las torrenceras. Por tanto, solo quedan 11 000 km³ que constituyen un recurso disponible durante todo el año, y que consisten en la suma de los flujos básicos de recarga de los ríos y acuíferos.

Cuando la densidad de los asentamientos humanos era escasa, la relación con grandes fuentes de agua se prolongaba con las formas, actividades y estilos de vida que sabían que “contarían siempre con el agua”. En cambio, allí donde las condiciones productivas del uso del suelo lo ameritaban y no coincidía con disponibilidad de agua, las grandes obras hidráulicas de represas y sistemas de riego posibilitaron la radicación de población en entornos carentes de agua. Pero la figura muestra también la realidad contraria: no toda el agua dulce accesible fluye por áreas pobladas (zonas de la Amazonia y del extremo septentrional de Eurasia y Norteamérica). Los 11 000 km³ de caudal sostenible, más 3500 km³ añadidos por las presas, menos 2100 km³ que son inaccesibles, dejan 12 400 km³ al año de caudal sostenible accesible. Este es el límite superior previsible de la oferta de agua dulce renovables disponibles para el uso humano.

Evidentemente, es muy importante la diferencia entre agua disponible y agua accesible para las actividades humanas. Por otra parte, estas han tenido una sostenida curva de ascenso, desde principios de siglo hasta la actualidad. La captación consuntiva humana (agua extraída pero no revertida a los ríos o acuíferos porque se evapora o se incorpora a los cultivos o productos) asciende a 2290 km³ al año. Otros 4490 km³ se emplean primariamente para diluir y evacuar la contaminación. Estas dos categorías de uso suman 6780 km³ al año, justo más de la mitad de la escorrentía total disponible de agua dulce.

Proyecciones de riesgos por cambio climático en América Central, del Sur y un caso de referencia

La extralimitación en las emisiones de CO₂, como expresión de las actividades humanas en el planeta, presenta un panorama sombrío en cuanto a sus consecuencias en las condiciones climáticas globales. El último informe del IPCC brinda una detallada información acerca de los impactos sobre las sociedades, los sistemas productivos primarios y los ecosistemas, como parte de un enfoque adaptativo ante las modificaciones muchas veces abruptas a las cuales se verán sujetas todas las regiones del planeta.

En la tabla 1 se muestra un resumen de los principales riesgos a que se verá sujeta América Central y del Sur con motivo del cambio climático. Estos riesgos están avalados por estudios sectoriales citados por el propio IPCC y que quedan expresados por el término nivel de confianza alto o nivel de confianza medio, según el grado de certeza alcanzado en dichos estudios. La segunda columna aporta información sobre los principales ejes de medidas “adaptativas” que deberán encararse. Dentro de la lógica de enfoque adaptativo aparece primero una valoración del riesgo, expresado en la última columna. En la misma puede visualizarse que el potencial de riesgo puede disminuirse en la medida de que se pongan en marcha las principales medidas adaptativas enunciadas. Queda en evidencia que el enfoque adaptativo considera que cuanto más rápido se implanten tipos de medidas como las presentadas, menos se disminuirán hacia niveles medios o bajos los impactos. Además, el riesgo aumenta con el tiempo, de acuerdo con las actuales trayectorias previstas de aumento del CO₂ atmosférico. Para finales del siglo XXI serán decisivas las emisiones de CO₂ que hoy deben remitirse, lo cual condicionará el aumento del promedio de temperatura global en relación con el periodo

preindustrial: la valoración del riesgo puede alcanzar niveles máximos si es que dicho promedio alcanza valores de +4 °C. Ahora bien, ¿de qué manera estos grandes impactos modificarán el comportamiento del ciclo hidrológico? La tabla 1 presentada es de carácter general, pero pueden visualizarse las consecuencias altamente negativas que tendrán para la subregión andina con la práctica desaparición de los glaciares de las altas cumbres. Hoy mismo se están registrando aumentos de los caudales por el deshielo casi permanente de dichos reservorios.

Pero la diferenciación de la densidad de cuencas superficiales y subterráneas en la vasta superficie de América Central y del Sur lleva a la necesidad de contar con información más específica, atentos a los objetivos del presente artículo. Por ello, luego de la tabla del IPCC, figuran los resultados del Tercer Comunicado Nacional sobre Cambio Climático en Argentina, donde está localizado un caso de referencia (municipio de Fontana, ubicado en el Gran Resistencia, Provincia del Chaco) para alcanzar niveles de concreción compatibles con los mismos.

Tabla 1.
Tipo y magnitud de riesgos claves para América Central y del Sur.

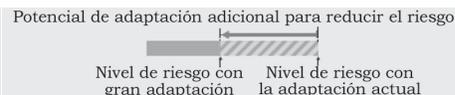
Riesgo clave	Cuestiones de adaptación y perspectivas	Marco temporal	Riesgo y potencial de adaptación
Difusión de enfermedades transmitidas por vectores en altitud y latitud (nivel de confianza alto).	* Gestión integrada de los recursos hídricos. * Gestión de inundaciones urbanas y rurales (incluida la infraestructura), sistemas de alerta temprana, mejores predicciones meteorológicas y de la escorrentía y control de enfermedades infecciosas.		+baj medi +alt
		Presente	
		2030/40	
		2080 2°	
		2100 4°	
Menor producción de alimentos y calidad alimentaria (nivel de confianza medio).	* Desarrollo de nuevas variedades de cultivos más adaptadas al cambio climático (temperatura y sequía). * Compensación de los impactos de la menor calidad alimentaria en la salud humana y animal. * Compensación de los impactos económicos del cambio de uso del suelo. * Fortalecimiento de los sistemas y prácticas derivadas de los conocimientos indígenas tradicionales.		+baj medi +alt
		Presente	
		2030/40	
		2080 2°	
		2100 4°	
Difusión de enfermedades transmitidas por vectores en altitud y latitud (nivel de confianza alto).	* Desarrollo de sistemas de alerta temprana para el control y mitigación de enfermedades basado en fuentes climáticas o de otro tipo pertinentes. Hay muchos factores que inducen una mayor vulnerabilidad. * Establecimiento de programas para ampliar los servicios básicos de salud pública.		+baj medi +alt
		Presente	
		2030/40	
		2080 2°	No está disponible
		2100 4°	No está disponible

Referencias

Motores climáticos de los impactos



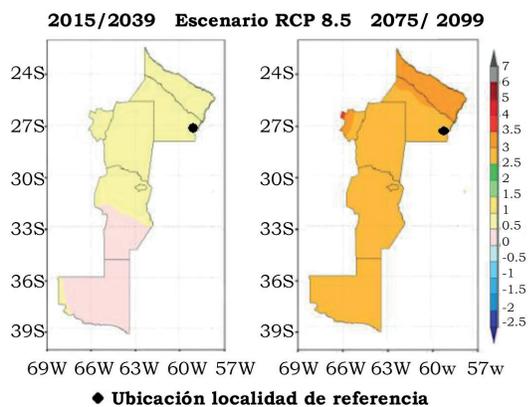
Nivel riesgo y potencial adaptación



Fuente: IPCC (2014). Formato editado por el autor.

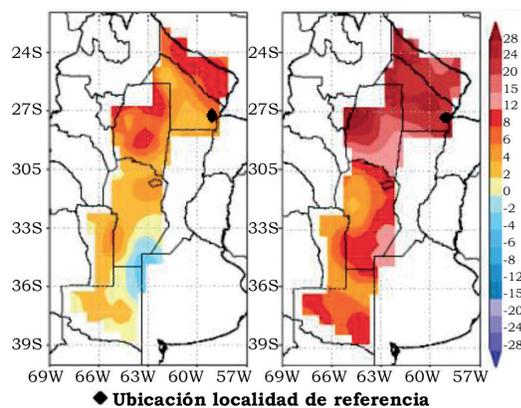
Las figuras 6 y 7 informan sobre las temperaturas y precipitaciones proyectadas según el escenario *Representative Concentration Pathways* (RCP) 8.5 diseñado por el IPCC para la situación más desfavorable (el escenario RCP 8.5 asume incrementos globales de temperatura de 3.7 °C por sobre el promedio de temperatura en el periodo preindustrial, sin restricciones a las emisiones de GEI). La lectura experta de dicha información indica:

[...] tanto para el futuro cercano como lejano, la región presenta calentamientos que van de 0 °C a 1 °C en el futuro cercano hasta 2.5 °C a 3.5 °C en el norte de la región en el futuro lejano. En todos los casos, el calentamiento sería mayor en el norte que en el centro y sur de la región (confianza media) [...] Las proyecciones de las precipitaciones indican que no habrá mayores cambios en la precipitación en el futuro cercano (confianza alta), aunque la magnitud de los cambios presenta gran dispersión en el futuro lejano (Centro de Investigaciones del Mar y la Atmósfera [CIMA], 2015).



◆ Ubicación localidad de referencia

Figura 6. Prospectiva de cambios de la temperatura media anual (en °C) con respecto al periodo 1986-2005 en la región centro de Argentina. Fuente: CIMA (2015).



◆ Ubicación localidad de referencia

Figura 7. Prospectiva de cambios de la precipitación diaria máxima del año (en mm) con respecto al periodo 1986-2005 en la región centro de Argentina. Fuente: CIMA (2015).

La confianza es la validez de un resultado basada en el tipo, cantidad, calidad y consistencia de las evidencias y en su grado de acuerdo. El nivel de confianza se expresa cualitativamente en el informe con cinco calificadores: muy bajo, bajo, medio, alto y muy alto.

Para completar este panorama de impacto sobre el ciclo urbano del agua en la subregión en estudio, es preciso conocer el comportamiento del río Paraná, principal fuente de provisión de agua de las ciudades del litoral argentino, y que tiene sus nacientes en Brasil. Para ello, se tuvo en cuenta el trabajo de Saurral (2010), quien utilizó para la determinación de temperaturas y precipitaciones estimadas los Modelos Generales de Circulación (MGC), introduciéndoles correcciones que permitieron un ajuste al comportamiento de la región donde estos principales ríos tienen sus nacientes, considerando estaciones ya establecidas para su estudio de caudales.

Las tablas 2 y 3 transcriben los resultados obtenidos de porcentajes de crecimiento de caudales en los puntos pertenecientes al río Paraná y al más importante afluente del mismo, el Iguazú. Tomando esta prospectiva como referencia, el escenario extremo futuro que más impactará en la región en estudio es el de las inundaciones. Un crecimiento de caudal del río Iguazú, el cual marca directamente el ritmo de crecidas del Paraná en el litoral argentino, de un tenor superior al 100% sobre los promedios de caudales del 99/90 para el 2030 generará un impacto de inundaciones que afectará a toda esta vasta área, que cuenta con un sistema de asentamientos de las principales ciudades de las provincias ribereñas.

Situación local desfavorable por cambio climático. Análisis de resultados en el sector del agua y el saneamiento

De la información precedente se busca extraer un conjunto de ejes sobre los cuales intervenir parcial o totalmente al momento de plantear modelos que a nivel urbano tengan por objeto identificar áreas sostenibles/insostenibles del ciclo urbano del agua. Las condiciones de sostenibilidad, en el nivel de definición planteado, corresponden al cumplimiento a nivel de ejido municipal de dos objetivos de preservación del recurso: “no consumir por encima del nivel de reposición del recurso y no contaminar por encima de las capacidades de regeneración de los cursos receptores” (Meadows *et al.*, 2012).

Tabla 2.

Diferencia relativa (%) en el caudal para las futuras décadas (2030 y 2070) con respecto al promedio 1990-99 de los escenarios A1B, A2 y B1 y por cada uno de los cinco MCG en Jupia en el río Paraná.

	2030			2070		
	A1B	A2	B1	A1B	A2	B1
CNRM	-29	-26	-37	-25	-5	-25
	-4	1	1	-5	3	5
	-9	-4	-14	0	-2	10
ECHAM	-10	-10	3	0	17	6
	-14	-9	-4	9	16	-12
	-4	-8	1	5	20	-3
GFDL2.0	-58	-21	-6	-46	-44	-48
	-35	-25	-21	-33	-9	-26
	-24	-3	14	-33	-12	-27
CGCM	22	55	8	20	156	55
	30	73	15	14	66	15
	35	99	14	21	114	30
GISS	102	--	109	152	--	103
	51	--	31	10	--	16
	74	--	64	74	--	46
Mean	6	0	15	20	31	18
	6	10	4	-1	19	-1
	14	21	16	13	30	11

Para cada modelo y escenario, el número en la parte superior corresponde a la variación en el caudal de verano (DEF), el número en el medio a la variación en el invierno (JJA) y el número al final al caudal anual. El conjunto de promedios de los cinco modelos es desplegado al final de la tabla.
Fuente: Saurral (2010).

Tabla 3.

Como la tabla anterior, pero para la Estación Salto Caixas en el río Iguazú.

	2030			2070		
	A1B	A2	B1	A1B	A2	B1
CNRM	173	188	184	203	220	217
	49	47	56	48	72	34
	136	153	149	147	167	159
ECHAM	49	87	71	61	74	52
	17	77	35	46	118	37
	45	91	69	66	125	65
GFDL2.0	201	211	151	196	246	176
	-14	0	3	40	11	-16
	74	75	64	90	111	62
CGCM	45	41	23	29	48	15
	74	104	27	35	95	33
	41	55	21	27	60	16
GISS	36	--	40	40	--	33
	39	--	59	60	--	63
	27	--	46	38	--	44
Mean	101	132	94	106	147	99
	32	57	36	46	74	30
	65	94	70	74	116	69

Fuente: Saurral (2010).

Para el caso de referencia, las condiciones de cambio climático a las que se verá sujeto el ciclo hidrológico y, consecuentemente, el ciclo urbano del agua tienen las siguientes manifestaciones:

- Aumento de la temperatura promedio anual hasta +4 °C.
- Aumento de los días con temperaturas cálidas extremas (olas de calor).
- Extensión de los periodos de días sin precipitaciones (sequías).
- Concentración de eventos extremos de precipitaciones.

Las consecuencias relevantes sobre el ciclo hidrológico de la región de referencia son las siguientes:

- Aumento de la periodicidad de inundaciones extraordinarias (por precipitaciones o por crecidas extraordinarias de los cursos de agua).
- Eventos de bajantes extraordinarias de las cuencas hídricas.
- Alteración de los ciclos de recarga de los acuíferos.

Las principales situaciones desfavorables a que se verán sujetos los abastecimientos de agua y su sostenibilidad son las siguientes:

- Debido a las olas de calor.
 - Aumento extraordinario de la demanda de agua en los periodos de olas de calor.
 - Aumento de los niveles de morbimortalidad por deshidratación en sectores poblacionales vulnerables.
- Debido al aumento de los periodos de sequía.
 - Mantenimiento sostenido de la demanda en periodos de escasez de recurso por extensión de los periodos de sequía.
 - Conflictos entre sectores consumidores ante la escasez de recurso. Tensiones entre los sectores urbanos residenciales e industriales con el gran consumidor de agua, el sector agrícola-ganadero. También entre sectores urbanos con diferente calidad y confiabilidad del servicio.
 - Disminución de la calidad del agua (en caso de fuentes superficial) por situaciones de bajantes extraordinarias de las cuencas.

- Disminución de la cantidad de agua accesible por sobre-explotación de acuíferos. También la disminución de la calidad de agua por intrusión de napas contaminadas.
- Disminución extraordinaria de la capacidad de regeneración de aguas residuales en los cursos receptores, especialmente los superficiales.
- Aumento de los niveles de morbimortalidad en enfermedades de origen hídrico por utilización de fuentes contaminadas de agua, por intrusión de contaminantes en red (periodos de corte de servicio).
- Debido al aumento de los periodos de inundaciones.
 - Sectores de población con abastecimiento de agua y provisión de saneamiento de emergencia por desplazamiento a zonas no anegadas.
 - Pérdida de infraestructura y equipamiento habitacional y de servicio de agua y saneamiento por quedar anegados por inundaciones.
 - Aumento de la exposición a vectores (especialmente los mosquitos que verán favorecidas sus condiciones de hábitat propicio por las inundaciones) y consecuente aumento de morbimortalidad por enfermedades hídricas.
- Modificación de la calidad de acuíferos por desbordes de sectores de recursos hídricos contaminados que podrían introducirse por intrusión.
- Contaminación ambiental por inundaciones del hábitat construido.

CONCLUSIONES

Implicancias del enfoque adaptativo

La conclusión general es que el escenario futuro de los abastecimientos de agua de la región abordada se presenta como de condiciones desfavorables, tal cual se expresa en la puntualización precedente. A esto se le suman los márgenes de incertidumbre planteados por todos los análisis de cambio climático. Debido a ello será necesario volver a aprender acerca de las condiciones del ciclo hidrológico de provisión de agua y servicios ambientales de regeneración de aguas residuales de los asentamientos humanos y productivos. Para alcanzar dicho aprendizaje, el IPCC propone el siguiente modelo conceptual de adaptación al cambio climático presentado en la figura 8.

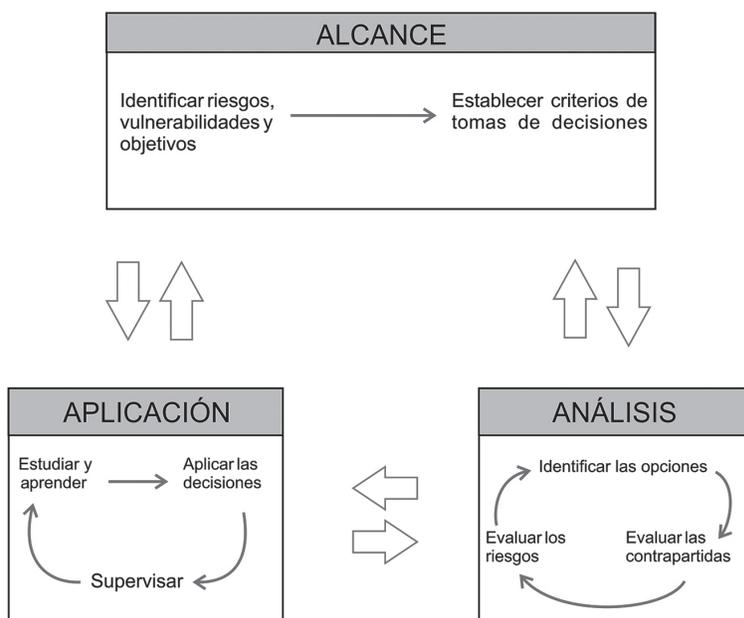


Figura 8. Adaptación al cambio climático como proceso de gestión iterativa del riesgo con múltiples retroalimentaciones. Las personas y los conocimientos configuran el proceso y sus resultados.

Fuente: IPCC (2015).

El esquema precedente, como puede visualizarse, es de carácter iterativo. Implica, en los diversos niveles de la sociedad, la incorporación del conocimiento climático experto, para internalizar, en los procesos de toma de decisiones que impliquen el desarrollo, los riesgos que el cambio climático acarrea y acarreará. Es notable cómo este modelo conceptual del 2014 remite al lector a los planteos iniciales de Fromm (2010) en los años setenta: la necesidad de ajustar los procesos de planificación y de toma de decisiones no solo a las necesidades en virtud de los recursos disponibles, sino también incorporando la visión y participación según niveles de responsabilidad de los mismos implicados.

El trabajo avanza un poco más, siguiendo la máxima de la innovación tecnológica endo-generada, “allí donde se encuentran los problemas, también están las semillas de la solución” (Berretta, 1987). ¿Cómo instrumentar procesos adaptativos en las ciudades y comunidades que hagan frente a este horizonte desfavorable y amenazante de los ya frágiles equilibrios de los abastecimientos de agua y saneamiento? Obviamente no hay una respuesta unívoca, no obstante, la complejidad del panorama planteado induce a pensar en procedimientos y herramientas que ayuden a gestionar dicha complejidad. La formulación de modelos (“modelos” utilizado tanto en términos amplios como restrictivos a los de simulación dinámica) puede resultar una herramienta de gran utilidad en la resolución de la conflictividad creciente a la que se verán sujetos los sistemas de abastecimiento de agua y saneamiento. No hay que olvidar que dicha conflictividad se suma a la existente en el momento presente, agudizando las situaciones problema y sobrecargando la capacidad de respuesta local y regional.

Puede plantearse sintéticamente un conjunto de criterios para el desarrollo e integración de modelos, en el campo del ciclo urbano del agua, que fortalezca la gestión de dicha complejidad. Criterios que:

- Contribuyan a generar en el campo del ciclo urbano del agua un cambio de los estilos de vida, del modelo consumista irrestricto donde se parte del falso concepto de *crecimiento indefinido* (donde en su versión referida al agua sería “siempre vamos a disponer del agua que necesitamos”), con un deterioro del medio ambiente y también de las posibilidades de acceso de franjas sociales a un bien natural imprescindible para la vida, a otro estilo de vida donde se puedan verificar dichas consecuencias y actuar bajo restricciones consensuadas y conscientes que permitan un acceso equitativo al recurso, según las características regionales del medio natural.
 - Por tanto, la vocación de este modelo no será de “producto terminado e infalible”, sino más bien de un proceso de progresiva integración, tanto de conocimiento técnico-científico como de factores aportados por las visiones de los distintos actores sociales intervinientes en el ciclo. También se debe cuidar que las repetidas aplicaciones, verificaciones y ajustes aporten una mayor certeza en cuanto a las variables-objetivo que muestren el equilibrio entre demandas, calidad del servicio y condiciones ambientales.
 - Los beneficiarios y participantes de este proceso de “prueba y error” serán los ciudadanos, instituciones públicas y empresas del asentamiento, quienes buscarán con el consenso alcanzar niveles de sostenibilidad creciente, según los términos que se especificarán más adelante. Sin dudas, el gobierno local y una vocación democrática sostenida serán una condición imprescindible de viabilidad.
 - Sin duda, para que el punto precedente tenga consistencia, también las formas que pueda adquirir a futuro el instrumento serán de vital importancia.
 - Las denominadas *interfaces amigables* serán las “caras” que posibiliten la apropiación de dicho instrumento a nivel local. Su utilización en los procesos de decisiones bajo las condiciones altamente limitadas de lo local dependen de ello (Nudelman & Schenone, 2013).
- Por último, las opciones tecnológicas que se desprenden como ejes de Investigación + Desarrollo+innovación (I+D+i) en el momento de enfocarse en líneas de solución, siempre de carácter iterativo, pueden ser las siguientes:
- Planteo de sistemas de abastecimiento de múltiples fuentes (cursos superficiales/subterráneos/precipitaciones), con aumento de la capacidad de almacenamiento (centralizada/comunitaria/individual) de agua de red o de agua de lluvia. Aumento de la capacidad de captura de agua cruda de escorrentía con coordinación con recolección y disposición de residuos sólidos para el mantenimiento de las condiciones de calidad.
 - Integración de sistemas extensos o localizados de distribución de agua no potable con reutilización de aguas blancas para destinarlos a consumos que no necesiten agua potable.
 - Sistemas de control y mantenimiento de la calidad de agua en almacenamientos.

- Planes de contingencia que establezcan normas de conductas, recursos y responsabilidades según los sistemas de alerta temprana de crecidas de ríos, olas de calor y sequías.
- Normativas y sistemas de información que permitan construir un sistema de agua y saneamiento adaptativo y resiliente según las condiciones locales imperantes.
- Enlace del sistema de información del servicio de agua y saneamiento con los sistemas de vigilancia epidemiológica para la alerta temprana y mitigación de enfermedades de origen hídrico.

Indudablemente, en el contexto sintéticamente planteado, el sistema de ciencia y tecnología tiene una responsabilidad mayúscula para brindar todo tipo de soportes, asistencia técnica e innovación a efecto de que los gobiernos locales puedan disponer de herramientas para encarar estos procesos adaptativos. El costo humano que significará para todos los niveles de la sociedad, pero primeramente para los más vulnerables, es inversamente proporcional a los avances en adaptación que hoy se vayan produciendo.

AGRADECIMIENTOS

Un especial reconocimiento al Dr. Ing. Rafael Pérez García y al Dr. Ing. Antonio Caselles Moncho, por sus permanentes y fecundas enseñanzas y aliento en el derrotero de la formación doctoral y en la tarea investigativa. A las autoridades del Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (Conicet) y al decano Marino Schneeberger de la Facultad de Ciencia y Tecnología de la Universidad Autónoma de Entre Ríos (UADER), quienes apoyaron la formación y actividad del primer autor con la constitución del Centro para la Gestión Local Sostenible del Agua y del Hábitat Humano (CEGELAH). A la colaboración del Lic. Oscar Coriale del Instituto Nacional del Agua y a la generosidad del Dr. Ramiro Saurral del Centro de Investigaciones del Mar y la Atmósfera (CIMA) por sus valiosos aportes en la determinación del comportamiento futuro de los principales ríos de la Cuenca del Plata. A Xitlali Delgado-Galván, gracias a su esfuerzo y al de su equipo en la organización del Seminario Iberoamericano de Redes de Agua y Drenaje (SEREA) 2015 abrió esta posibilidad de someter a evaluación el presente artículo a la prestigiosa revista *Acta Universitaria*. Por último, al señor Alejandro Olmos, asistente del CEGELAH, por su constante colaboración en la producción intelectual, fruto del cual se presenta este trabajo.

REFERENCIAS

- Berretta, H. (1987). *Vivienda y promoción para las mayorías*. Buenos Aires: Editorial Humanitas.
- Centro de Investigaciones del Mar y la Atmósfera (CIMA). (2015). *Cambio climático en la Argentina: tendencias y proyecciones—Tercer Comunicado Nacional*. Buenos Aires: Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable de la Nación Argentina, Jefatura de Gabinete de la Nación Argentina, Banco Mundial. Recuperado el 18 de mayo de 2015 de <http://www.ambiente.gov.ar/?idarticulo=13291>
- Cunha Marques, R., & Van Leeuwen, K. (2012). *Current state of sustainability of urban water cycle services. Towards a baseline assessment of the sustainability of urban water cycle services. Baseline assessment of the sustainability of urban water cycle services*. Portugal: Center for Management Studies, Technical University of Lisbon; KWR Watercycle Research Institute.
- Dussel, E. (1984). *Filosofía de la producción*. Bogotá: Editorial Nueva América.
- Environmental Protection Agency (EPA). (2015). *Figura recuperada*. USA: Environmental Protection Agency. Recuperado el 15 de mayo de 2015 de <http://www.epa.gov/espanol/cambioclimatico/ciencia/causas.html#GreenhouseRole>
- Fromm, E. (2010). *La revolución de la esperanza. Hacia una tecnología humanizada* (15° reimpresión). Ciudad de México: Fondo de Cultura Económica.
- Hamilton, C. (2011). *Réquiem para una especie. Cambio climático: por qué nos resistimos a la verdad*. Buenos Aires: Editorial Capital Intelectual.
- Intergovernmental Panel of Climate Change (IPCC). (2013). *Cambio climático 2013. Afirmaciones principales del resumen para responsables de políticas*. World Meteorological Organization (WMO), United Nations Environment Programme (UNEP). Berna, Suiza. Recuperada el 3 de marzo de 2015 de <http://www.climatechange2013.org/>
- Intergovernmental Panel of Climate Change (IPCC). (2014). *Climate Change 2014. Impacts, Adaptation and Vulnerability—Summary for policymakers*. United Kingdom / USA: World Meteorological Organization (WMO), United Nations Environment Programme (UNEP), Cambridge University Press. Recuperado el 2 de febrero de 2015 de https://ipcc-wg2.gov/AR5/images/uploads/WG2AR5_SPM_FINAL.pdf
- Larios Martón, J. (2008). *Calentamiento global, al borde del límite*. Córdoba, España: Instituto de Estudios Transnacionales. Recuperado el 18 de abril de 2015 de <https://descubrelaenergia.fundaciondescubre.es/files/2013/07/calentamientoglob.pdf>
- Meadows, D., Randers, J., & Meadows, D. (2012). *Los límites del crecimiento*. Buenos Aires: Aguilar, Altea, Taurus, Alfaguara.
- Nudelman, M., & Schenone, C. (noviembre de 2013). *Diseño de interfaces cercanas al usuario: aportes desde la investigación a la gestión sostenible del agua en pequeños municipios*. XII Simposio Iberoamericano sobre Sistemas de Abastecimiento de Agua y Drenajes Urbanos SEREA, en Buenos Aires, Argentina.
- Saurral, R. (2010). The hydrologic cycle of the Plata basin in the wcrp-cmp3 multi-model dataset. *American Meteorological Society*, 11(5), 1083-1102.
- Schütze, M. (2013). *Simulación y evaluación del sistema de agua de Lima y Callao*. Conferencia sobre el Proyecto Liwa, en Lima, Perú.