



## UN ÍNDICE DE SUSTENTABILIDAD PARA LA EVALUACIÓN INTEGRAL DE LOS SISTEMAS DE GESTIÓN DEL AGUA Y EL SANEAMIENTO

L. Seghezzo<sup>1</sup>, M.A. Iribarnegaray<sup>2</sup>, V.I. Liberal<sup>3</sup>, F.R. Copa<sup>4</sup>, M.S. Guerra Munizaga<sup>4</sup>, H.E. León<sup>4</sup>, y C.Y. Ruiz<sup>4</sup>  
Instituto de Investigación en Energía No Convencional (INENCO), Universidad Nacional de Salta (UNSa)  
Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET)  
Avda. Bolivia 5150, A4408FVY Salta, Argentina  
Tel. +54-387-4255516; E-mail: [lucas@unsa.edu.ar](mailto:lucas@unsa.edu.ar)

**RESUMEN:** En este trabajo se presenta un índice para la evaluación de la sustentabilidad de los sistemas de gestión del agua y el saneamiento. El índice, denominado ISAS (Índice de Sustentabilidad del Agua y el Saneamiento) se basa en un marco conceptual que considera que la sustentabilidad se debería ver como una combinación de aspectos territoriales, temporales y personales. Para la construcción del ISAS se seleccionaron un conjunto de indicadores de sustentabilidad que fueron definidos en función del marco conceptual adoptado. El ISAS se utilizó para evaluar la sustentabilidad del sistema de gestión del agua y el saneamiento de la ciudad de Salta, Argentina. Los indicadores fueron calculados con información de revisiones bibliográficas, cuestionarios, visitas, talleres, datos estadísticos, y análisis de muestras de agua y aguas residuales. El método fue lo suficientemente sensible como para detectar variaciones entre diferentes aspectos del sistema estudiado. Fue también relativamente independiente de la cantidad y la calidad de la información disponible. En el caso de Salta, el valor obtenido para el ISAS fue de 51 puntos en una escala de 0 a 100 cuyo umbral de aceptabilidad se estableció en 50 puntos. El cálculo del ISAS permitió identificar una serie de aspectos del sistema que requieren mejoras y optimización. Este índice puede ser una herramienta útil para evaluar y mejorar la sustentabilidad de los sistemas de gestión del agua y el saneamiento en la región.

**Palabras clave:** Agua, evaluación de la sustentabilidad, Salta, saneamiento, sistemas de gestión.

### INTRODUCCIÓN

El acceso a un servicio seguro de agua potable y a instalaciones mejoradas de saneamiento es una necesidad reconocida en los “Objetivos de Desarrollo del Milenio” establecidos por los 191 países miembros de las Naciones Unidas (PNUD, 2006). Una de dichas metas es reducir a la mitad la proporción de personas sin un “acceso sustentable” a agua potable y saneamiento básico para el año 2015. Algunas estimaciones recientes sugieren que, por diversos motivos, los objetivos del milenio no podrán ser alcanzados completamente (WHO y UNICEF, 2006). Incluso si se alcanzaran, “quedarán más de 800 millones de personas sin agua y 1.800 millones sin servicios de saneamiento en el año 2015” (PNUD, 2006, p.4). En cualquier caso, y a los efectos de establecer el grado de cumplimiento de los objetivos del milenio, o para evaluar un sistema ya existente de gestión del agua y el saneamiento es necesario primero definir de manera clara qué se entiende exactamente por “acceso sustentable”.

La gestión de temas tan complejos como la provisión de agua y saneamiento requiere sistemas integrados, dinámicos, participativos y capaces de adaptarse a los cambios (Bertrand-Krajewski et al., 2000). En estos sistemas es necesario tener en cuenta de manera simultánea y en el corto, mediano y largo plazo, las necesidades e intereses de los múltiples usuarios intervinientes (Berger et al., 2007). En la práctica, los sistemas de gestión del agua y el saneamiento (SGAS) han sido generalmente simplistas, estáticos, fragmentados, y gobernados por intereses sectoriales de corto plazo (Pahl-Wostl et al., 2008). Es posible que la idea de “sustentabilidad” sea una herramienta conceptual que ayude a superar algunos de estos defectos y a diseñar políticas para establecer sistemas de gestión en los cuales se pueda garantizar un acceso más sustentable a los servicios de agua y saneamiento. Sin embargo, el concepto mismo de sustentabilidad, a pesar de su amplia difusión y aparente aceptación a nivel global, contiene contradicciones y limitaciones que pueden reducir su utilidad para resolver problemas en situaciones concretas (Escobar, 2001; Seghezzo, 2009). La idea de que el “desarrollo” puede ser “sustentable” ha sido rápidamente adoptada por la comunidad internacional luego de su introducción en el “informe Brundtland” (WCED, 1987), entre otras cosas porque plantea que los sistemas económicos, sociales y ambientales pueden ser compatibilizados al mismo tiempo que “se acelera el crecimiento económico mundial” (p.89). Esta idea ha sido cuestionada porque no se diferencia significativamente de la noción convencional de “desarrollo” y, como ésta, sigue una lógica basada en el razonamiento económico neoclásico y es esencialmente antropocéntrica (centrada únicamente en las necesidades del ser humano) (Seghezzo, 2009). Estas dos características pueden limitar su aplicabilidad en numerosos casos específicos.

<sup>1</sup> Investigador Adjunto CONICET

<sup>2</sup> Becario Consejo de Investigación de la UNSa – Agencia Nacional de Promoción Científica y Tecnológica (ANPCyT)

<sup>3</sup> Profesora Adjunta Facultad de Ingeniería de la UNSa

<sup>4</sup> Tesistas de grado o posgrado

La visión de desarrollo sustentable contenida en el informe Brundtland no es la única. Por empezar, como indicó Dresner (2002), lo que se denominó “desarrollo sustentable” no siempre es sinónimo de sustentabilidad. Existen nuevos enfoques que consideran que la sustentabilidad es una idea que significa más que desarrollo (económico) sustentable. Por ejemplo, se ha indicado que el desarrollo no es un concepto único y universal si no que depende en gran medida del contexto local y lo que se denominó el “lugar” (Escobar 2001) y las “identidades localizadas” (Macnaghten y Urry, 1998). La importancia de tener en cuenta los aspectos temporales de mediano y largo plazo (o “paisajes temporales”) ha sido remarcada por Adam (1998). También se han considerado importantes los sentimientos y otros aspectos más “personales” del desarrollo, como se discute en Mauss (1938), Radford Ruether (1971), Macnaghten y Urry (1998), Wilber (1998), y McShane (2007), entre otros. Siguiendo estos enfoques, se torna difícil imaginar una idea de sustentabilidad que sea aplicable a todas partes por igual. Cada caso requiere una definición propia y contextualizada que debe ser teóricamente coherente y completa, pero al mismo tiempo útil para resolver problemas ambientales y sociales determinados.

En este artículo presentamos resultados de un proyecto de investigación cuyo objetivo general es desarrollar un método de evaluación de la sustentabilidad de los SGAS. El proyecto ha sido organizado alrededor de tres líneas principales de trabajo: (a) definición de un marco conceptual que permita analizar asuntos de sustentabilidad a nivel local; (b) selección, adaptación y desarrollo de metodologías para auxiliar en la toma de decisiones de gestión; y (c) evaluación de la sustentabilidad de algunos SGAS en estudios de caso. En este trabajo se describen principalmente los primeros resultados obtenidos en relación con el último objetivo. Este proyecto intenta ser un aporte para mejorar la sustentabilidad del sistema de gestión evaluado y promover una gestión más equitativa del agua en la región.

## **MATERIALES Y MÉTODOS**

### *Marco conceptual*

El marco conceptual que se siguió para la evaluación del SGAS de la ciudad de Salta fue la noción de sustentabilidad “de cinco dimensiones” que ha sido desarrollada en una primera fase del proyecto (Seghezzo, 2009). La sustentabilidad se considera un concepto integrador que permite una inclusión completa de todos los aspectos territoriales, temporales y personales del desarrollo. Esta idea ha sido representada con un nuevo triángulo de la sustentabilidad formado por el “Lugar” (las tres dimensiones del espacio), la “Permanencia” (la cuarta dimensión del tiempo), y las “Personas” (la dimensión humana). La noción de sustentabilidad de cinco dimensiones se contrapone con la idea de que el desarrollo sustentable es una combinación de temas ambientales, económicos y sociales. A pesar de esta tensión, siempre es posible y deseable compatibilizar diferentes visiones sobre la sustentabilidad. Diferentes marcos conceptuales, aplicados a un mismo problema, podrían dar una mejor idea de la sustentabilidad o in-sustentabilidad de un determinado proceso o una región. En este sentido, el nuevo marco conceptual utilizado podría complementar paradigmas previos en lugar de reemplazarlos completamente. El espacio, el tiempo y los aspectos humanos del desarrollo no son independientes entre sí e interactúan de manera compleja. De hecho, muchas de las definiciones existentes de “lugar”, “territorio” o “hábitat” incluyen una cierta noción del tiempo, mientras que la conceptualización del espacio y el tiempo son hitos importantes en la formación de la identidad cultural (Escobar, 2008). Los vértices del nuevo triángulo de la sustentabilidad están tan íntimamente relacionados entre sí que resulta difícil tratarlos de manera fragmentada, como suele ser el caso para los problemas económicos, ambientales y sociales. La inclusión del lugar como categoría independiente de análisis mejora sensiblemente la adaptabilidad del concepto a contextos específicos. Por otra parte, los problemas sociales y ambientales de mediano y largo plazo sólo pueden ser visualizados cuando se tiene en cuenta al factor tiempo de manera específica. El concepto de sustentabilidad de cinco dimensiones sostiene además que la consideración de una dimensión personal permite incluir de manera más explícita en las discusiones sobre el desarrollo de sociedades multiculturales temas tales como la identidad, el sentido de pertenencia y los derechos humanos.

### *Estudio de caso*

Este estudio se realizó en la ciudad de Salta, capital de la Provincia de Salta, en el Noroeste argentino. Según estimaciones recientes, la población en la ciudad es de alrededor de 600.000 habitantes (INDEC, 2010). El agua para consumo proviene de fuentes diversas. Aproximadamente el 65% se extrae de unos 300 pozos distribuidos en distintos puntos de la ciudad. La fracción restante se obtiene de aguas superficiales a través de sistemas de captación directa o indirecta y se la conduce hasta la ciudad a través de acueductos. Según estimaciones propias, basadas en datos proporcionados por la Secretaría de Recursos Hídricos de la Provincia de Salta, la disponibilidad de agua se encuentra entre 600 y 800 L/persona.día. El agua de los acueductos se potabiliza en una planta centralizada desde donde se distribuye a los usuarios finales. El agua de los pozos se somete a un proceso de cloración en el lugar de extracción y se inyecta directamente en la red. Las aguas residuales domésticas (ARD) o líquidos cloacales se colectan en una red cloacal o sistema de alcantarillado. Esta red está separada de los desagües pluviales urbanos aunque existen numerosas conexiones ilegales entre ambos sistemas. Las ARD recolectadas se tratan en dos plantas de depuración: un sistema de lechos percoladores en la zona Sur y un sistema de lagunas de estabilización en la zona Norte. Los efluentes tratados se vuelcan finalmente en los ríos, a los que llegan también algunas descargas de ARD crudas. Las actividades de reuso de aguas residuales (crudas o tratadas) son escasas y de carácter informal.

Desde el punto de vista institucional, la provisión de agua potable y saneamiento en Salta atravesó una serie de cambios importantes en los últimos años. El servicio fue proporcionado por agencias del estado hasta 1998. Durante el intenso proceso de privatizaciones que tuvo lugar en el país en la década del 90, el servicio fue concesionado al sector privado y una sola empresa quedó a cargo de la casi totalidad del territorio provincial (más de 150.000 km<sup>2</sup>). Con el paso del tiempo, el sistema de gestión privada comenzó a sufrir críticas tanto en Salta como en otras partes del país. Entre otras cosas, se cuestionó la capacidad del sector privado de proporcionar un servicio de buena calidad en áreas marginales o de baja rentabilidad (Azpiazu et al., 2005). En mayo de 2009, siguiendo una tendencia que había comenzado en la ciudad de Buenos Aires, la provisión de los servicios de agua y saneamiento en Salta volvió a estar a cargo de una empresa mayoritariamente estatal. El gobierno provincial se reservó explícitamente el derecho de volver a privatizar la empresa si fuere necesario por razones de

“oportunidad, mérito, o conveniencia” (Ley Provincial 7571/2009, artículo 5). La nueva empresa inició rápidamente acciones orientadas a mejorar la imagen empresarial y lanzó campañas para alentar el ahorro de agua durante la temporada seca, apelando al sentido de “responsabilidad” de los usuarios. Más allá de estas actividades, todavía es demasiado pronto para saber si el nuevo esquema de propiedad, gestión y control del SGAS en Salta está resolviendo los problemas que llevaron a la re-estatización de la empresa.

#### *El Índice de Sustentabilidad del Agua y el Saneamiento (ISAS)*

El ISAS se construyó para asignar números concretos al grado de sustentabilidad de un sistema de gestión del agua y el saneamiento. Al otorgar visibilidad a algunos aspectos que no se tienen en cuenta en los análisis convencionales, el ISAS puede ayudar a comprender sistemas complejos y mejorar su gestión desde el punto de vista de la sustentabilidad. Como lo requiere el marco conceptual adoptado, el ISAS fue dividido en tres subíndices: Lugar, Permanencia, y Personas. Cada subíndice contiene tres “descriptores” según la definición de Torquebiau (1992) (ver *Tabla 1*). Dentro de cada descriptor se definieron y estimaron uno o más indicadores mediante una combinación de métodos adaptados (Bossel, 1999; Bertrand-Krajewski et al., 2000; Valentin y Spangenberg, 2000; Hellström et al., 2004; López Ridaura, 2005; Chaves y Alipaz, 2007; Hajkowicz y Collins, 2007; Hák et al., 2007; Bell y Morse, 2008). Los indicadores fueron cuantificados a través del cálculo de una o más variables. Indicadores y variables se seleccionaron en función de su pertinencia para valorar la satisfacción de los descriptores. Por razones de espacio, no es posible describir en detalle el significado de los indicadores y las variables utilizadas para la construcción del ISAS ni el procedimiento de cálculo que se utilizó para su estimación. Todas las sub-categorías de análisis fueron seleccionadas de manera tal de representar, de la mejor manera posible, aspectos preponderantemente territoriales, temporales y personales de la categoría inmediata superior. Por lo tanto, las sub-categorías, desde el nivel de variable hasta el de subíndice, dan una idea de la sustentabilidad de la categoría a la que pertenecen. De esta manera, se considera que la integridad teórica del marco conceptual adoptado se mantiene en todos los niveles de análisis.

| Subíndices                           | Descriptores    | Breve descripción  |
|--------------------------------------|-----------------|--|
| Lugar<br>(aspectos territoriales)    | Disponibilidad  | Existencia física de agua para consumo humano. Se estima a través de indicadores de cantidad y calidad de agua, y/o mediante estimaciones de las descargas al ambiente de aguas residuales tratadas o sin tratar.  |
|                                      | Uso             | Agua consumida por la población en el área o en lugares críticos seleccionados. El indicador que permite asignar valores a este descriptor compara el consumo actual con un valor aceptable o deseable.  |
|                                      | Salud           | Efectos sobre la salud que pueden ser atribuibles a una provisión insuficiente o defectuosa de servicios de agua y saneamiento. El indicador utilizado en este caso compara casos de diarrea en niños menores de 5 años entre un lugar crítico y un lugar de control.                |
| Permanencia<br>(aspectos temporales) | Infraestructura | Disponibilidad y uso efectivo de las tecnologías y técnicas necesarias para operar de manera adecuada las diferentes etapas del sistema de gestión, desde la captación de agua hasta la disposición final de las aguas residuales, en el corto, mediano y largo plazo.               |
|                                      | Planeamiento    | Capacidad de gestión a nivel local, teniendo en cuenta la disponibilidad de recursos para actividades vinculadas a la gestión del agua y el saneamiento, el número de proyectos en carpeta o ejecución, y la existencia de instituciones adecuadas, eficientes y autónomas.          |
|                                      | Conocimiento    | Capacidad de investigación y desarrollo en las universidades o centros de investigación regionales en temas relacionados con la gestión del agua y el saneamiento. Requiere una evaluación general del tipo y la calidad de las investigaciones que se realizan en la zona.          |
| Personas<br>(aspectos personales)    | Cobertura       | Distribución espacial de servicios de provisión de agua segura y saneamiento mejorado en el área. Indica disponibilidad potencial de estos servicios en las viviendas o en lugares cercanos a ellas. No implica necesariamente que los vecinos tengan acceso real a estos servicios. |
|                                      | Accesibilidad   | Capacidad de acceso a agua potable y servicios de saneamiento mejorado en la zona. Como una medida indirecta de accesibilidad se utilizan indicadores locales de desempleo o ingreso per capita.   |
|                                      | Satisfacción    | Acceso real y efectivo a servicios de agua potable y saneamiento. Este descriptor se puede basar en medidas estandarizadas como el índice de Necesidades Básicas Insatisfechas (NBI), que incluye aspectos de saneamiento y se considera un indicador de pobreza estructural.        |

*Tabla 1: Subíndices y descriptores utilizados para la construcción del Índice de Sustentabilidad del Agua y el Saneamiento (ISAS).*

La construcción de algunos indicadores requirió la realización de comparaciones entre un lugar “crítico” y otro “no-crítico” o de control. Para la selección de estos sitios se utilizó como unidad el concepto de “barrio” y se aplicaron los siguientes criterios: (a) el Índice de Necesidades Básicas Insatisfechas (NBI) medido por la Dirección General de Estadísticas (2010) (Feres y Mancero, 2001); (b) el número de reclamos y artículos críticos sobre los servicios de agua y saneamiento aparecidos en medios locales durante el año 2009; y (c) la disponibilidad de información actualizada sobre variables sociales y económicas (Gobierno de Salta y Municipio de Salta, 2009). El lugar crítico se eligió entre barrios consolidados, con un nivel mínimo de facilidades sanitarias, electricidad, servicios básicos de agua y saneamiento, y recolección municipal de residuos sólidos urbanos. Asentamientos informales o recientes fueron excluidos del análisis para evitar valores extremos que podrían sesgar la evaluación del índice. El proceso de selección de lugares críticos podría ser refinado en estudios futuros mediante el agregado de otros criterios de clasificación (Howard y Bartram, 2005).

Para la construcción del ISAS se realizaron revisiones de bibliografía, se recabó información estadística y geográfica, se realizaron entrevistas y visitas personales, y se tomaron muestras de agua y aguas residuales. Los resultados fueron evaluados por miembros del equipo de investigación en talleres organizados con métodos participativos (Linstone y Turoff, 1975). La información fue analizada mediante una variación del método SMART (Simple Multi-Attribute Rating Technique), un

método práctico para auxiliar en la toma de decisiones similar al Proceso de Jerarquías Analíticas (AHP) (Belton, 1986; Saaty, 2008). Las estimaciones cuantitativas y cualitativas de las categorías fueron convertidas a la siguiente escala de sustentabilidad: 0–25 = inaceptable (rojo), 25–50 = peligro (amarillo), 50–75 = aceptable (verde), 75–100 = sustentable (azul) (modificada de Bossel, 1999). Las variables fueron transformadas a la escala de sustentabilidad suponiendo una relación lineal entre dos valores de cada variable asociables a los extremos de la escala de sustentabilidad (0 y 100). La condición de referencia o “banda de equilibrio” (Bell y Morse, 2008) se situó en un umbral de 50. En función del valor del ISAS es posible recomendar la adopción de medidas y acciones de distinto tipo: (a) medidas inmediatas de alivio y reconstrucción si el ISAS se encuentra entre 0 y 25; (b) acciones correctivas entre 25 y 50; (c) procedimientos de optimización por encima de la banda de equilibrio y debajo de 75, en lo que se considera una zona de “transición” hacia la sustentabilidad; y (d) medidas de vigilancia, mantenimiento y optimización si el ISAS estimado es superior a 75.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El ISAS obtenido para Salta se muestra en detalle en la *Tabla 2*. El valor general obtenido para el índice fue 51.0 (ver columna 13 en la *Tabla 2*). Este valor se encuentra apenas por encima del umbral de aceptabilidad o condición de referencia establecida. El “Lugar” es el subíndice con peores resultados, con el descriptor “Salud” en un valor de apenas 8.8 (columna 12). La cantidad de agua de buena calidad en el área es excelente (ver valores de los indicadores “Cantidad de Agua” y “Calidad de Agua” en la columna 11). Sin embargo, la contaminación potencial que genera el vuelco de ARD sin tratamiento o insuficientemente tratadas reduce apreciablemente el valor general del descriptor “Disponibilidad” a 81.3 (columna 12). El valor relativamente bajo del indicador “Consumo relativo” (sustentabilidad: 55.3, columna 11) se debe a un excesivo consumo de agua per cápita. Según nuestras propias estimaciones, el consumo doméstico de agua se encuentra entre 300 y 600 L/persona.día. El subíndice “Permanencia” se encuentra por encima del valor umbral. Un análisis detallado revela que también se requieren algunas mejoras dentro de este subíndice, especialmente con respecto a la cantidad de dinero disponible a nivel provincial para la realización de inversiones en agua potable y saneamiento, como se puede ver en el valor obtenido para la variable “Presupuesto” dentro del indicador “Capacidad institucional” (sustentabilidad: 5.0, columna 10). Además, aunque la estructura institucional existente en relación con el tema agua y saneamiento parece adecuada, se consideró que el número de proyectos en esta área no es suficiente (ver indicadores “Instituciones” y “Proyectos”, columna 10). El análisis institucional realizado ha sido complejo y no se puede describir en detalle en este artículo. El sistema de gestión también falla en cuanto a la provisión de servicios mejorados de saneamiento en el lugar crítico analizado (ver variable “Saneamiento”, sustentabilidad: 14.0, columna 10). Esta falta de servicios es una de las razones por las cuales el valor asignado al indicador NBI fue tan bajo (sustentabilidad: 12.0, columna 11). El lugar crítico seleccionado para el cálculo de algunos de los indicadores del ISAS fue el barrio “17 de Octubre”, que cuenta con una población de ingresos relativamente bajos (aproximadamente 4.000 habitantes). Este barrio se encuentra ubicado cerca del sistema de lagunas de estabilización utilizado para el tratamiento de las ARD de la zona Norte de la ciudad de Salta (Gobierno de Salta y Municipio de Salta, 2009). El lugar no-crítico de control fue “Tres Cerritos”, un barrio cuya población es de ingresos preponderantemente medios a altos ubicado sobre las estribaciones montañosas del Este de la ciudad. Los valores extremos de las funciones de transformación (*Tabla 2*, ver columnas 7 y 8) deben ser adaptados a cada situación y pueden también cambiar en el tiempo para un mismo lugar. La cantidad y calidad de la información disponible en cada caso influye tanto las estimaciones de las variables e indicadores como los valores extremos de las funciones de transformación.

La *Figura 1* muestra detalles del ISAS y sus subíndices en diagramas radiales modificados que podrían ser denominados “triángulos de sustentabilidad”. Los diagramas radiales, también llamados gráficos “telaraña” o “ameba”, se han utilizado inicialmente para la descripción y evaluación de ecosistemas (Ten Brink et al., 1991) y pueden ser una ayuda visual para comprender la complejidad de los temas vinculados a la sustentabilidad (Bell y Morse, 2008). Como puede verse en la *Figura 1* (triángulo de la derecha), se requiere aparentemente sólo una leve mejora para elevar el valor del subíndice “Lugar” por encima del umbral (el valor calculado fue 48.5, ver columna 13 en la *Tabla 2*). Sin embargo, como se observa en el triángulo más pequeño (*Figura 1*, triángulo de la izquierda), es necesaria una acción significativa para mejorar el valor del descriptor “Salud”, que está muy por debajo del umbral (el valor calculado fue 8.8, ver columna 12 en *Tabla 2*). La importancia de este tipo de análisis “multi-nivel” es que permite concentrar las acciones correctoras y preventivas en los aspectos más desfavorables del sistema de gestión. Este tipo de gráficos, que son simples y fáciles de comprender, se pueden construir para todos los niveles bajo análisis (subíndices, descriptores, indicadores, y variables). Es importante notar que, a diferencia de la mayoría de los gráficos ameba encontrados en la bibliografía, todas las sub-categorías que se presentan juntas en un triángulo de sustentabilidad pertenecen, por definición, a la misma categoría (por ejemplo, todos los indicadores corresponden al mismo descriptor). Como se indicó más arriba, las sub-categorías han sido seleccionadas para representar los aspectos territoriales, temporales y personales dentro de cada categoría, por lo que un diagrama radial de cualquier categoría da una idea gráfica inmediata de su sustentabilidad, tal como fue definida para el caso específico en estudio.

Los índices e indicadores son una manera relativamente simple de representar una realidad compleja. Tienen una gran sensibilidad relativa y pueden mostrar tendencias y detectar cambios. Pueden ser utilizados para comunicación y diseminación de información y pueden ser un punto de partida para un debate más reflexivo sobre la sustentabilidad de los sistemas de gestión en particular y sobre la sustentabilidad en general. Por otra parte, no hay que olvidar que, por definición, los indicadores simplifican la realidad. Por tal motivo, hay que evaluar con cuidado el significado de su valor absoluto. La información proporcionada por un índice debe ser complementada con una descripción completa y crítica del contexto. Esta descripción puede incluir aspectos históricos, legales, políticos, económicos, y otros aspectos relacionados con la gobernanza del sistema de gestión (Galaz, 2007; Hufty, 2007). Ésta es la primera vez que este nuevo enfoque metodológico se utiliza para la evaluación del SGAS de Salta. Por tal motivo, es demasiado pronto para identificar tendencias de sustentabilidad y construir escenarios posibles, probables y deseables.

| 1             | 2               | 3                       | 4                  | 5                     | 6       | 7                           | 8                   | 10              | 11        | 12         | 13        | 14        |           |           |
|---------------|-----------------|-------------------------|--------------------|-----------------------|---------|-----------------------------|---------------------|-----------------|-----------|------------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| Subíndices    | Descriptores    | Indicadores             | Variables          | Unidades              | Valores | Funciones de transformación |                     | Sustentabilidad |           |            |           |           |           |           |
|               |                 |                         |                    |                       |         | 0                           | 100                 | Variable        | Indicador | Descriptor | Subíndice |           |           |           |
| Lugar         | Disponibilidad  | Cantidad de agua        |                    | L <sub>ap</sub> /p.d  | 873     | 20                          | 250                 |                 | 100.0     | 81.3       | 48.5      | Peligro   |           |           |
|               |                 | Calidad de agua         | Días sin CR        | -                     | 0       | 3                           | 0                   | 100.0           | 100.0     |            |           |           |           |           |
|               |                 | Contaminación           |                    | L <sub>ard</sub> /p.d | 142.8   | 250                         | 5                   |                 | 43.8      |            |           |           |           |           |
|               | Uso             | Consumo relativo        |                    | -                     | 0.22    | 0.5                         | 0                   |                 | 55.3      | 55.3       |           |           |           |           |
|               | Salud           | Diarreas en niños       | Absolutas          |                       | %       | 19.8                        | 10                  | 5               | 0.0       | 8.8        | 8.8       |           |           |           |
|               |                 |                         | Relativas          |                       | %       | -138.5                      | 0                   | 10              | 0.0       |            |           |           |           |           |
| Equidad       |                 |                         |                    | -                     | 0.27    | 0                           | 1                   | 26.5            |           |            |           |           |           |           |
| Permanencia   | Infraestructura | Tecnologías apropiadas  | Captación          |                       | %       | 50.5                        | 0                   | 100             | 50.5      | 58.3       | 54.9      | 53.7      | Aceptable |           |
|               |                 |                         | Potabilización     |                       | %       | 58.3                        | 0                   | 100             | 58.3      |            |           |           |           |           |
|               |                 |                         | Transporte         |                       | %       | 75.0                        | 0                   | 100             | 75.0      |            |           |           |           |           |
|               |                 |                         | Tratamiento        |                       | %       | 49.2                        | 0                   | 100             | 49.2      |            |           |           |           |           |
|               | Planeamiento    | Capacidad institucional | Presupuesto        |                       | %       | 1.2                         | 1                   | 5               | 5.0       | 45.2       | 45.2      |           |           |           |
|               |                 |                         | Proyectos          |                       | -       | 10                          | Opinión de expertos |                 | 49.0      |            |           |           |           |           |
|               |                 |                         | Instituciones      |                       | %       | 81.7                        | 0                   | 100             | 81.7      |            |           |           |           |           |
|               | Conocimiento    | Investigación           |                    | -                     | 46.7    | 10                          | 70                  |                 | 61.1      | 61.1       |           |           |           |           |
|               | Personas        | Cobertura               | Falta de servicios | Agua potable          |         | %                           | 2                   | 100             | 0         | 98.0       | 56.0      | 56.0      | 50.7      | Aceptable |
|               |                 |                         |                    | Saneamiento           |         | %                           | 86                  | 100             | 0         | 14.0       |           |           |           |           |
| Accesibilidad |                 | Desempleo               |                    | %                     | 4.0     | 25                          | 0                   |                 | 84.0      | 84.0       |           |           |           |           |
| Satisfacción  |                 | NBI                     |                    | %                     | 44.0    | 50                          | 0                   |                 | 12.0      | 12.0       |           |           |           |           |
|               |                 |                         |                    |                       |         |                             |                     |                 |           | ISAS =     | 51.0      | Aceptable |           |           |

Tabla 2: El Índice de Sustentabilidad del Agua y el Saneamiento (ISAS) para Salta en el año 2009. CR: Cloro Residual; L<sub>ap</sub>: Litros de agua potable; L<sub>ard</sub>: Litros de aguas residuales domésticas; NBI: Necesidades Básicas Insatisfechas.

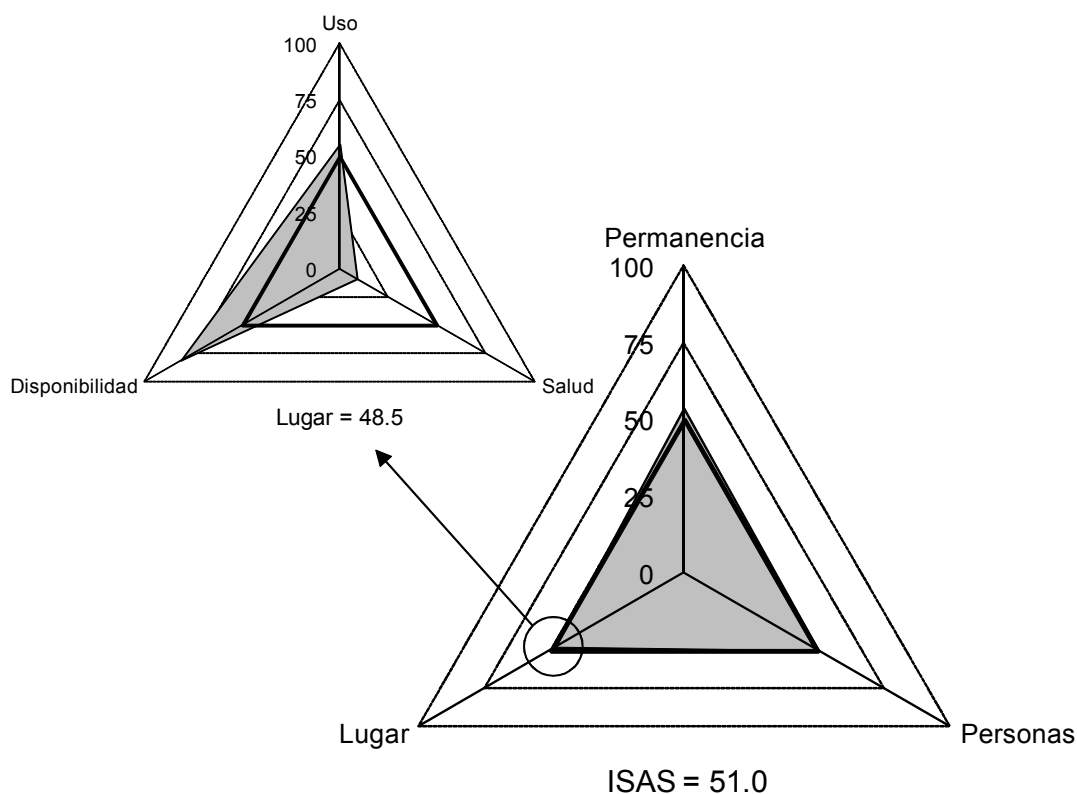


Figura 1: El ISAS para Salta y sus tres subíndices representados en un triángulo de sustentabilidad (abajo a la derecha). Detalles para el subíndice "Lugar" en el triángulo más pequeño (arriba a la izquierda). El umbral de 50 está indicado por la línea gruesa continua. Los triángulos sombreados representan "áreas de sustentabilidad" para cada nivel de análisis. El subíndice "Lugar" se encuentra ligeramente por debajo del valor umbral, debido principalmente al bajo valor obtenido por el descriptor "Salud".

La disponibilidad y la calidad de la información fueron aspectos críticos en el proceso de evaluación descrito en este trabajo. Es importante destacar que, a mayor información, más exacto y preciso será el índice y por lo tanto más útil para auxiliar en la toma de decisiones. La falta o inaccesibilidad de la información es también una indicación de la calidad y la transparencia del sistema de gestión. Por eso, el índice debe ser cuantificable aún en casos donde la información no esté (fácilmente) disponible. Los actores políticos deben tomar decisiones de todos modos, con o sin información. La falta de información afecta el cálculo de algunos descriptores pero no debe evitar el cálculo del índice, desde el momento en que el objetivo principal de este índice es precisamente mejorar la calidad del sistema de gestión, sin importar su estado inicial.

Todos los descriptores están íntimamente relacionados entre sí e interactúan continuamente. Los vínculos se dan entre categorías en un mismo nivel de análisis (por ejemplo los indicadores de un descriptor determinado) o entre categorías distintas (por ejemplo un indicador con un descriptor distinto del que lo contiene). Consideramos que la diferenciación en categorías y sub-categorías homogéneas y su posterior integración en un índice único permiten obtener una idea global y a la vez detallada de la sustentabilidad del sistema de gestión. En este trabajo no se asignaron pesos diferentes a las categorías ya que ellas representan, en cada nivel del análisis, aspectos igualmente fundamentales de la definición local de sustentabilidad. Sin embargo, podría haber situaciones en las que la ponderación sea conveniente. Es también posible imaginarse circunstancias en las cuales sean necesarias más (o menos) categorías para representar mejor la sustentabilidad de los sistemas locales de gestión del agua y el saneamiento.

Muchos descriptores e indicadores han sido pensados para identificar diferencias y desigualdades entre sectores del área de estudio. La selección de lugares críticos y lugares de control para estos casos debe ser relativamente rápida para que el cálculo del índice sea útil para la toma de decisiones de gestión. Si se determina posteriormente que los lugares utilizados para la comparación no fueron respectivamente el peor y el mejor del sistema, los indicadores deben ser calculados de nuevo. Como los valores de las variables en estos nuevos lugares críticos y de control estarán más distanciados entre sí que los valores originalmente utilizados, los indicadores que se calculen en estos casos, que dan una idea del grado de desigualdad interna del sistema de gestión, tendrán un valor más bajo. Se deduce entonces que el valor general del índice también disminuirá en tales casos. Por lo tanto, es posible afirmar que las medidas y acciones necesarias para corregir o prevenir los problemas detectados por el ISAS no estarán nunca sobreestimadas. Esto es importante para garantizar una máxima eficiencia y eficacia en las inversiones que se realicen para corregir u optimizar el sistema de gestión.

El proceso de evaluación será discutido y refinado en función de los resultados de este estudio. El ISAS debe ser estimado con regularidad (una vez al año, mensualmente, semanalmente, o incluso de manera permanente) para detectar cambios y modificaciones en el sistema y sus componentes y establecer un sistema de corrección y optimización. En algunos casos

puede ser necesaria la intervención de expertos externos en el proceso de evaluación. La participación de actores locales relevantes puede ayudar también en la identificación de indicadores potencialmente más pertinentes que mejorarán el índice y aumentarán su utilidad como una herramienta para la toma de decisiones (Doelle y Sinclair, 2006). El cálculo de otros indicadores relacionados, tales como la “huella del agua” (Hoekstra, 2009) y otros (Naciones Unidas, 2007), podría complementar las conclusiones obtenidas mediante el ISAS. Sin embargo, es necesario asegurarse de que estos indicadores tengan en cuenta todos los aspectos que se hayan considerado esenciales en el concepto local de sustentabilidad para que los resultados sean relevantes (Pillarsetti y van den Bergh, 2010).

## CONCLUSIONES

El ISAS calculado para la ciudad de Salta fue lo suficientemente sensible como para detectar diferencias entre los distintos aspectos del SGAS en Salta. A pesar de que no se contó con información suficiente y completa, el índice señaló con claridad algunas fortalezas y debilidades del SGAS estudiado. La flexibilidad del proceso de cálculo y el carácter dinámico del índice es posiblemente una de sus mayores fortalezas, ya que permite una adaptación adecuada a cada contexto específico y facilita la incorporación de las variaciones temporales que pueda sufrir el sistema de gestión. Los pasos más importantes durante la construcción del ISAS fueron: (a) la selección del marco conceptual; (b) la identificación de los descriptores necesarios y suficientes para describir todo el sistema de gestión; y (c) la definición y posterior estimación de los indicadores y las variables pertinentes. La metodología utilizada permite la inclusión de actores locales en el proceso de cálculo. Consideramos que el ISAS tiene mucho potencial como herramienta de apoyo para la toma de decisiones hacia sistemas más sustentables de gestión del agua y el saneamiento.

## AGRADECIMIENTOS

La información para la construcción del ISAS fue suministrada por la Secretaría de Recursos Hídricos de la provincia de Salta, el Ente Regulador de los Servicios Públicos (ENRESP), la Compañía Salteña de Agua y Saneamiento S.A. (CoSAySa), y el Instituto de Aguas Subterráneas para Latinoamérica (INASLA) de la Universidad Nacional de Salta (UNSA). Queremos agradecer también a todos los expertos, docentes y estudiantes que respondieron los cuestionarios y contribuyeron con tiempo e ideas durante los talleres.

## REFERENCIAS

- Adam, B. (1998). *Timescapes of modernity. The environmental and invisible hazards*. Londres y Nueva York: Routledge.
- Azpiazu, D., Schorr, M., Crenzel, E., Forte, G. y Marín, J.C. (2005). Agua potable y saneamiento en Argentina. Privatizaciones, crisis, inequidades e incertidumbre futura. *Cuadernos del CENDES* **22(59)**, 45-67.
- Bell, B. y Morse, S. (2008). *Sustainability Indicators: measuring the immeasurable?* Londres: Earthscan Publications Ltd., segunda edición.
- Belton, V. (1986). A comparison of the analytic hierarchy process and a simple multi-attribute value function. *European Journal of Operational Research* **26**, 7-21.
- Berger, T., Birner, R., Díaz, J., McCarthy, N. y Wittmer, H. (2007). Capturing the complexity of water uses and water users within a multi-agent framework. *Water Resources Management* **21**, 129-148.
- Bertrand-Krajewski, J.-L., Barraud, S. y Chocat, B. (2000). Need for improved methodologies and measurements for sustainable management of urban water systems. *Environmental Impact Assessment Review* **20**, 323-331.
- Bossel, H. (1999). *Indicators for sustainable development: theory, method, applications*. A report to the Balaton Group. International Institute for Sustainable Development (IISD). Winnipeg, Canada.
- Chaves, H.M.L. y Alipaz, S. (2007). An integrated indicator based on basin hydrology, environment, life, and policy: The Watershed Sustainability Index. *Water Resources Management* **21**, 883-895.
- Dirección General de Estadísticas (2010). *Anuario estadístico. Provincia de Salta. Año 2008 - Avance 2009*. Disponible en <http://www.salta.gov.ar/estadisticas> (Visitado el 23 de abril de 2010).
- Doelle, M. y Sinclair, A.J. (2006). Time for a new approach to public participation in EA: Promoting cooperation and consensus for sustainability. *Environmental Impact Assessment Review* **26**, 185-205.
- Dresner, S. (2002). *The principles of sustainability*. Londres: Earthscan Publications Ltd.
- Elkington, J., Tickell, S. y Lee M. (2007). *SustainAbility. 20 Years of global leadership*. Londres: SustainAbility. <http://www.sustainability.com> (Visitado el 22 de febrero de 2008).
- Escobar, A. (2001). Culture sits in places: reflections on globalism and subaltern strategies of localization. *Political Geography* **20**, 139-174.
- Escobar, A. (2008). *Territories of difference. Place, movements, life, redes*. Durham y Londres: Duke University Press.
- Feres, J.C. y Mancero, X. (2001). El método de las Necesidades Básicas Insatisfechas (NBI) y sus aplicaciones en América Latina. Santiago, Chile: CEPAL/ECLAC, Naciones Unidas.
- Galaz, V. (2007). Water governance, resilience and global environmental change – a reassessment of integrated water resources management (IWRM). *Water Science and Technology* **56(4)**, 1-9.
- Gobierno de Salta y Municipalidad de Salta (2009). Censo Social Calidad de Vida. Informe general N°1. 1° Etapa de la zona Norte de la ciudad de Salta.
- Hajkovicz, S. y Collins, K. (2007). A review of multiple criteria analysis for water resource planning and management. *Water Resources Management* **21**, 1553-1566.
- Hák, T., Moldan, B. y Lyon Dahl, A., eds. (2007). *Sustainability indicators. A scientific assessment*. Scientific Committee on Problems of the Environment (SCOPE) Series No 67. Washington DC, Estados Unidos: Island Press.

- Hellström, D., Hjerpe, M. y Van Moeffaert, D. (2004). *Indicators to assess ecological sustainability in the urban water sector*. Göteborg, Suecia: Clamers University of Technology.
- Hoekstra, A.Y. (2009). Human appropriation of natural capital: A comparison of ecological footprint and water footprint analysis. *Ecological Economics* **68**, 1963-1974
- Howard, G. y Bartram, J. (2005). Effective water supply surveillance in urban areas of developing countries. *Journal of Water and Health* **3(1)**, 31-43.
- Hufty, M. (2007). The Governance Analytical Framework. En Actas Gobernabilidad y gobernanza en los territorios de América Latina. Cochabamba, Bolivia.
- INDEC (Instituto Nacional de Estadísticas y Censos) (2010). Datos estadísticos disponibles en: <http://www.indec.com.ar> (Visitado el 26 de mayo de 2010).
- Linstone, H. y Turoff, M. (1975). *The Delphi Method: Techniques and Applications*. Addison-Wesley.
- López Ridaura, S. (2005). *Multi-scale Sustainability Evaluation. A framework for the derivation and quantification of indicators for natural resource management systems*. Tesis doctoral, Universidad de Wageningen, Holanda.
- Macnaghten, P. y Urry, J. (1998). *Contested natures*. Londres, Thousand Oaks, CA, y Nueva Delhi: Sage Publications in association with Theory, Culture and Society.
- Mauss, M. (1938). Une catégorie de l'esprit humain: la notion de personne celle de 'moi'. *Journal of the Royal Anthropological Institute* [online], 68. Disponible en [http://classiques.uqac.ca/classiques/mauss\\_marcel](http://classiques.uqac.ca/classiques/mauss_marcel) (Visitado el 17 de diciembre de 2008).
- McShane, K. (2007). Anthropocentrism vs. nonanthropocentrism: why should we care? *Environmental Values* **16(2)**, 169-185.
- Naciones Unidas (2007). *Indicators of Sustainable Development: Guidelines and Methodologies*, tercera edición. Nueva York: Naciones Unidas.
- Pahl-Wostl, C., Mostert, E. y Tàbara, D. (2008). The growing importance of social learning in water resources management and sustainability science. *Ecology and Society* **13(1)**, 24.
- Pillarsetti, J.R. y van den Bergh, J.C.J.M. (2010). Sustainable nations: what do aggregate indexes tell us? *Environment, Development, and Sustainability* **12**, 49-62.
- PNUD (2006). *Informe sobre Desarrollo Humano 2006. Más allá de la escasez: Poder, pobreza y la crisis mundial del agua*. Publicado para el Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD). Mundi-Prensa Libros: Madrid, Barcelona, México.
- Radford Ruether, R. (1971). A second look at secular theology. *The Journal of Religion* **51(3)**, 206-215.
- Saaty, T.L. (2008). Relative Measurement and its generalization in decision making. Why pairwise comparisons are central in mathematics for the measurement of intangible factors: The Analytic Hierarchy/Network Process. *RACSAM* **102(2)**, 251-318.
- Seghezze, L. (2009). The five dimensions of sustainability. *Environmental Politics* **18(4)**, 539-556.
- Ten Brink, B.J.E., Hosper, S.H. y Colijn, F. (1991). A quantitative method for description y assessment of ecosystems: the AMOEBA-approach. *Marine Pollution Bulletin* **23**, 265-270.
- Torquebiau, E. (1992). Are tropical agroforestry home gardens sustainable? *Agriculture, Ecosystems and Environment* **41**, 189-207.
- Valentin, A. y Spangenberg, J.H. (2000). A guide to community sustainability indicators. *Environmental Impact Assessment Review* **20**, 381-392.
- WCED (World Commission on Environment and Development) (1987). *Our Common Future*. Oxford: Oxford University Press.
- WHO y UNICEF (2006). *Meeting the MDG drinking water and sanitation target: the urban and rural challenge of the decade*. Nueva York, Estados Unidos y Ginebra, Suiza.
- Wilber, K. (1998). *The marriage of sense and soul. Integrating science and religion*. Nueva York: Broadway Books.

## ABSTRACT

A comprehensive sustainability index for the assessment of water and sanitation management systems (WSMS) is presented. The index was based on a conceptual framework that perceives sustainability as a combination of territorial, temporal, and personal aspects. A set of sustainability indicators was selected in agreement with this framework, and the "Water and Sanitation Sustainability Index" (WASSI) was built. The WASSI was then used to assess the sustainability of the WSMS of the city of Salta, Argentina. Indicators were calculated with information gathered by several means including literature reviews, questionnaires, visits, sampling, and participatory workshops. The index was sensitive to detect variations between different aspects of the local WSMS. It was also relatively independent of the quantity and quality of the information available. In the case of Salta, the value obtained for the index was 51 points in a scale going from 0 to 100 in which the acceptability threshold was set at 50 points. The WASSI could be a useful tool to assess and improve the sustainability of regional water and sanitation management systems.

**Keywords:** Argentina; management systems; Salta; sanitation; sustainability; water.