



Uso excesivo de agua potable en Cuenca, Ecuador: un enfoque basado en la teoría general de sistemas

Excessive Use of Drinking Water in Cuenca, Ecuador: A General Systems Theory Approach



ANA CRISTINA ANDRADE-HERRERA
Universidad de Cuenca (Ecuador)
<https://orcid.org/0009-0004-5741-1246>

Resumen

La ciudad de Cuenca, Ecuador, enfrenta un grave desafío ambiental relacionado con el consumo excesivo de agua potable, que alcanza los 200 L/persona/día, duplicando la recomendación de la Organización Mundial de la Salud (OMS). Este artículo analiza esta problemática desde la Teoría General de Sistemas (TGS), identificando la interacción entre los subsistemas natural, social e infraestructural. Se examinan las dinámicas de interdependencia, retroalimentación y propiedades emergentes que generan riesgos significativos para la sostenibilidad hídrica proyectada al año 2050, cuando se espera un déficit crítico debido al crecimiento poblacional y las malas prácticas de uso del agua. Se proponen estrategias sistémicas integrales que incluyen la conservación de los ecosistemas, la modernización de infraestructuras y la promoción de patrones de consumo responsables. Este enfoque busca garantizar la sostenibilidad a largo plazo del recurso hídrico en la ciudad.

Palabras clave: Teoría de sistemas, agua potable, sostenibilidad.



1. Introducción

La ciudad de Cuenca, Ecuador, enfrenta un desafío ambiental y social de gran magnitud: garantizar la sostenibilidad en la gestión del agua potable. Actualmente, cuenta con una cobertura del 96 % en el área urbana y del 88 % en zonas rurales (ETAPA, 2023), lo que demuestra avances significativos en el acceso al recurso. Sin embargo, esta aparente seguridad hídrica se ve gravemente amenazada por un consumo promedio diario de 200 litros por persona, cifra que duplica la recomendación de la Organización Mundial de la Salud de 100 litros por persona al día (Sánchez Mendieta, 2024).

El elevado consumo de agua potable en la ciudad se atribuye en gran medida a prácticas ineficientes en su uso, como el riego de jardines, el lavado de vehículos, las fugas no controladas y la insuficiente concienciación sobre la importancia del ahorro hídrico tanto en los hogares como en las industrias. Este comportamiento está influenciado por una percepción errónea de abundancia del recurso, sustentada en la presencia de cuatro ríos que históricamente han mantenido caudales constantes, reforzando la idea de disponibilidad ilimitada.

A pesar de contar con 33 centros de reserva estratégicamente distribuidos, con una capacidad total de 120.000 metros cúbicos (Roldán Monsalve, 2016), la infraestructura hídrica actual resulta insuficiente frente a las proyecciones para 2050. Para esa fecha, se estima que la población alcanzará 1.035.000 habitantes, lo que incrementará la demanda de agua potable que generará un déficit crítico en la capacidad de suministro (Sánchez Mendieta, 2024). Este escenario plantea no solo un problema técnico y ambiental, sino también uno sistémico, que involucra factores ecológicos, sociales y económicos interrelacionados.

6

2. Teoría General de Sistemas (TGS)

La TGS, propuesta por Ludwig von Bertalanffy (1968), plantea que un sistema es un conjunto de elementos interrelacionados que trabajan hacia un objetivo común. Esta teoría, ampliamente utilizada en ciencias sociales y ambientales, establece principios que ayudan a comprender sistemas complejos, como el hídrico, desde una perspectiva integrada. Dentro de la TGS se tienen algunos conceptos clave como:

-Sistemas Abiertos: Según von Bertalanffy, los sistemas abiertos intercambian energía, materia e información con su entorno. En el contexto hídrico, esto se manifiesta en la interacción entre los ecosistemas naturales (páramos, humedales), los subsistemas sociales (hogares, industrias) y la infraestructura tecnológica (reservorios, tuberías).

-Interdependencia: Un cambio en un componente del sistema afecta a los demás. Por ejemplo, la degradación de los páramos altera los flujos hídricos, afectando la disponibilidad del recurso en la ciudad.

-Retroalimentación: Los sistemas reciben información de su entorno, que puede reforzar (positiva) o corregir (negativa) los procesos internos. En Cuenca, la falta de mecanismos efectivos de retroalimentación, como el monitoreo de fugas, perpetúa el desperdicio.

Equifinalidad: Un sistema puede alcanzar el mismo objetivo mediante diferentes caminos. En la gestión hídrica, esto significa que se pueden implementar múltiples estrategias (tecnología, educación, regulación) para garantizar la sostenibilidad.

Fritjof Capra (1996), en su teoría de redes, añade que los sistemas son estructuras dinámicas compuestas por relaciones. Este enfoque destaca la necesidad de analizar las conexiones entre los usuarios, la infraestructura y los ecosistemas, considerando que cualquier intervención en una parte del sistema afecta a las demás.

La TGS también se aplica a problemas ambientales complejos, como la gestión del agua. Meadows (2008) enfatiza que la sostenibilidad requiere identificar los "puntos de apalancamiento" en un sistema: pequeños cambios que generan grandes impactos. En Cuenca, estos puntos incluyen la reducción del consumo doméstico, la reparación de fugas y la conservación de los páramos.

3. Análisis sistémico de la problemática

El sistema principal es la gestión del agua potable en la ciudad, la cual integra componentes naturales, sociales e infraestructurales para garantizar el acceso al recurso hídrico. Este sistema es abierto, ya que interactúa constantemente con su entorno, afectándose mutuamente en términos de disponibilidad, calidad y sostenibilidad. Su funcionamiento depende de la interacción dinámica entre varios subsistemas.

3.1. Subsistemas Natural: Fuentes hídricas y ecosistemas

El subsistema natural de Cuenca incluye los páramos, humedales y cuerpos de agua que abastecen a la ciudad. Estos ecosistemas desempeñan un papel clave en la regulación del ciclo hidrológico, la recarga de acuíferos y la provisión de agua para múltiples usos, como el consumo humano, el riego agrícola y las actividades productivas. Los páramos, en particular, actúan como "esponjas naturales" que almacenan agua en épocas de lluvia y la liberan de manera gradual durante los períodos de estiaje.

Sin embargo, este subsistema enfrenta graves amenazas debido a la urbanización descontrolada, la pérdida de páramos y los efectos del cambio climático. La degradación de estos ecosistemas disminuye su capacidad para regular los flujos hídricos y garantizar la calidad del agua, lo que repercute directamente en la disponibilidad del recurso para la ciudad. En este contexto, la conservación de las fuentes hídricas es un pilar fundamental para la sostenibilidad del sistema hídrico de Cuenca.

3.2 Subsistema Social: Usuarios y Comportamiento

El subsistema social, conformado por hogares, instituciones educativas, sectores comerciales e industriales, desempeña un rol central en la gestión del agua potable en Cuenca. El sector residencial es el mayor demandante del recurso, representando el 79 % del consumo total (Sánchez Mendieta, 2024), lo que lo convierte en un factor determinante en la presión ejercida sobre las fuentes hídricas y la infraestructura de distribución.

En el sector residencial, predominan prácticas de uso ineficiente, las cuales se ven exacerbadas por una percepción errónea de abundancia debido a la presencia histórica de ríos caudalosos en la ciudad. Este comportamiento se agrava por la falta de conciencia sobre la importancia del ahorro del recurso y la escasa adopción de tecnologías eficientes, como grifos y duchas de bajo consumo o sistemas de recolección de agua de lluvia, lo que amplifica el impacto negativo sobre la sostenibilidad del recurso.

3.3 Subsistema Infraestructural: Redes de Distribución y Reservorios

El subsistema infraestructural comprende las redes de distribución, los reservorios y las plantas de tratamiento de agua potable. Actualmente, Cuenca dispone de 33 centros de reserva con una capacidad total de 120.000 metros cúbicos, los cuales aseguran el abastecimiento en el corto plazo. Sin embargo, este sistema presenta limitaciones significativas, como fugas no controladas en las tuberías, falta de mantenimiento adecuado y una capacidad que no se ajusta a las demandas proyectadas para los años futuros

De hecho, actualmente la Red Hidrometeorológica de ETAPA EP presenta un 35 % de pérdidas de agua potable debido a daños en el sistema de distribución o fugas (Sánchez Mendieta, 2024). La mejora de este subsistema es esencial para garantizar la continuidad del servicio y mitigar las pérdidas en el proceso de distribución, reduciendo así la presión sobre las fuentes naturales y la necesidad de incrementar la extracción de agua.

4. Análisis Basado en la Teoría General de Sistemas (TGS)

La TGS aplicada a la situación del agua potable en Cuenca permite entender cómo los diferentes subsistemas interactúan y cómo los cambios en uno de ellos pueden desencadenar efectos en otros, produciendo impactos tanto a corto como a largo plazo.

4.1 Interdependencia de Subsistemas

En el caso de Cuenca, los subsistemas natural, social e infraestructural están fuertemente interconectados, lo que refleja uno de los principios fundamentales de la TGS: la interdependencia. La gestión del agua no depende exclusivamente de un único factor, sino de la interacción continua entre estos subsistemas. Por ejemplo, el consumo excesivo de agua (subsistema social) ejerce presión sobre las fuentes naturales (subsistema natural) y la infraestructura hídrica (subsistema infraestructural). Si la población continúa utilizando el agua

a un ritmo insostenible, los ecosistemas acuáticos y los reservorios se verán sobreexplotados, lo que podría llevar a una escasez de agua a largo plazo. La capacidad de respuesta de la infraestructura frente a este exceso de consumo es limitada, lo que hace aún más urgente la necesidad de cambios tanto en los patrones de uso como en la modernización de la red de distribución.

4.2 Retroalimentación

En el contexto de Cuenca, la retroalimentación negativa podría observarse en la relación entre la degradación de los páramos (subsistema natural) y el aumento en el consumo de agua. A medida que los ecosistemas hídricos se deterioran debido a la urbanización y el cambio climático, la capacidad de las fuentes de agua para abastecer a la población disminuye, lo que aumenta la presión sobre las infraestructuras y genera una mayor demanda. Este ciclo negativo puede acelerar el agotamiento de los recursos naturales, llevando a una crisis de suministro si no se toman medidas correctivas. En cambio, si se implementan estrategias de conservación y uso responsable del agua, podría iniciarse un ciclo de retroalimentación positiva que contribuya a la sostenibilidad del sistema.

4.3 Propiedades Emergentes

Según la TGS, los sistemas complejos presentan propiedades emergentes, es decir, comportamientos o resultados que no pueden ser predichos sólo a partir de la observación de sus partes individuales, sino que surgen de las interacciones entre ellas. En el caso de Cuenca, la falta de planificación integrada y el uso excesivo del agua no solo producen un déficit en el abastecimiento, sino que también generan otros efectos colaterales, como la pérdida de biodiversidad en los páramos, el agotamiento de los acuíferos y la crisis social por la escasez de agua. Estos problemas no son solo el resultado de un mal manejo del recurso, sino que son emergentes, producto de las dinámicas de los subsistemas y sus interacciones a lo largo del tiempo. Las propiedades emergentes del sistema hídrico de Cuenca requieren una respuesta sistémica que integre la gestión de los ecosistemas, el comportamiento de los usuarios y la modernización de la infraestructura.

9

5. Estrategias sistémicas para abordar la problemática

La adaptabilidad es una característica esencial de los sistemas abiertos, y en este contexto, Cuenca necesita adaptarse a los cambios que amenazan sus fuentes de agua. Se enfatiza la importancia de la sostenibilidad de los sistemas a largo plazo. En Cuenca, la gestión del agua debe ser vista como un sistema interconectado y dinámico que debe adaptarse a las realidades cambiantes del entorno, para lo cual se deben plantear distintas estrategias integrales para mantener la funcionalidad del sistema hídrico de Cuenca en el futuro.

5.1 Concientización

El motor fundamental para cualquier transformación sostenible es la conciencia acerca de la problemática del agua. En Cuenca, una de las principales causas del consumo excesivo es la percepción de abundancia del recurso por parte de la población, lo que refuerza prácticas irresponsables. Es crucial sensibilizar sobre la realidad de la escasez y las implicaciones de este derroche. A través de campañas educativas, talleres y programas comunitarios, se busca generar un cambio cultural donde cada ciudadano asuma la responsabilidad de cuidar el agua y adopte patrones de uso más responsables.

5.2 Conservación de ecosistemas

La conservación de los páramos y humedales, principales fuentes de agua para Cuenca, es una prioridad para garantizar la sostenibilidad hídrica. Estas estrategias incluyen la implementación de programas de reforestación con especies nativas, la protección de áreas sensibles mediante normativas ambientales más estrictas y la promoción de prácticas agrícolas sostenibles que minimicen la contaminación y degradación de los ecosistemas.

Además, es fundamental promover la educación ambiental e involucrar activamente a las comunidades rurales cercanas a estas fuentes de agua, fomentando su participación en la conservación y evitando prácticas que puedan causar su deterioro.

5.3 Modernización de Infraestructuras Hídricas

El sistema de distribución actual de Cuenca requiere mejoras significativas para reducir pérdidas de agua y satisfacer la demanda futura. Esto incluye la detección y reparación de fugas en las redes de distribución, la ampliación de la capacidad de los reservorios y la incorporación de tecnologías modernas como sistemas inteligentes de monitoreo de consumo y presión. Asimismo, es necesario invertir en plantas de tratamiento más eficientes que puedan adaptarse a la calidad variable del agua cruda, garantizando un suministro continuo y seguro para la población en expansión.

5.4 Promoción de Patrones de Consumo Responsables

Fomentar cambios en el comportamiento social es crucial para reducir el consumo excesivo de agua. Esto puede lograrse mediante campañas de sensibilización que informen sobre la importancia del ahorro del recurso y las consecuencias de su uso desmedido. A nivel doméstico, se deben incentivar prácticas como el uso de electrodomésticos y grifos de bajo consumo, la recolección de agua de lluvia y el uso eficiente en tareas cotidianas. A nivel institucional, es necesario desarrollar políticas de incentivo para las empresas que adopten tecnologías ahorradoras de agua y sancionar prácticas que derrochen el recurso, como el lavado masivo de vehículos o el riego indiscriminado de jardines.

5.5 Integración de Políticas Públicas y Gobernanza Sistémica

Es fundamental que las estrategias mencionadas se enmarquen dentro de políticas públicas coherentes, que integren los niveles local, provincial y nacional. Una gobernanza efectiva implica la colaboración entre gobiernos, academia, empresas y la sociedad civil para formular planes a largo plazo que alineen la gestión del agua con los principios de sostenibilidad. Esto incluye la creación de normativas que regulen el uso del agua, incentiven su reutilización y penalicen el desperdicio, además de garantizar el financiamiento necesario para las mejoras estructurales y educativas.

Autores como Niklas Luhmann (1996) amplían la TGS al enfatizar que los sistemas sociales operan bajo principios de autopoiesis, es decir, son capaces de autorregularse mediante procesos internos. Esto sugiere que la sociedad cuencana podría transformarse si se adoptan políticas que fomenten la conciencia ambiental y la eficiencia en el uso del agua.

Estas estrategias, concebidas desde una perspectiva sistémica, no solo buscan resolver problemas inmediatos, sino también garantizar la disponibilidad del recurso hídrico para futuras generaciones, protegiendo el equilibrio ecológico y social de la región.

6. Conclusión

El análisis de la gestión del agua potable en Cuenca, desde la perspectiva de la Teoría General de Sistemas, evidencia que la sostenibilidad hídrica enfrenta desafíos complejos y multidimensionales. La percepción de abundancia por parte de la población, combinada con prácticas de derroche y una infraestructura que requiere modernización, compromete la disponibilidad del recurso a largo plazo. Además, la degradación de los páramos, fuente vital del agua, acentúa la vulnerabilidad del sistema.

Para abordar esta problemática, es indispensable adoptar estrategias integrales y sistémicas. Estas incluyen la conservación activa de los ecosistemas, la modernización tecnológica de la red de distribución, la promoción de patrones de consumo responsables y la implementación de políticas públicas que articulen los esfuerzos de los distintos actores. Sin embargo, el cambio cultural es el eje transformador que puede garantizar el éxito de estas acciones, fomentando una conciencia colectiva sobre el agua como recurso finito y esencial.

Solo a través de una visión holística y una gobernanza inclusiva será posible asegurar la sostenibilidad del agua potable en Cuenca, protegiendo este recurso no solo para la generación actual, sino también para las futuras. La transición hacia una gestión más responsable y sostenible del agua no es solo una necesidad técnica, sino un imperativo ético y ambiental.

Referencias

- Bertalanffy, L. V. (1968). General systems theory as integrating factor in contemporary science. *Akten des XIV. Internationalen Kongresses für Philosophie*, 2, 335-340.
- Capra, F. (1996). *The web of life: A new synthesis of mind and matter* (Vol. 132). London: HarperCollins.
- ETAPA. (2023). Agua Potable y Saneamiento. <https://www.etapa.net.ec/agua-potable-y-saneamiento/agua-potable/>
- Luhmann, N. (1996). *Social Systems*. Stanford University Press.
- Meadows, D. (2008). *Thinking in Systems: A Primer*. Chelsea Green Publishing.
- Roldán Monsalve, D. F. (2016). Valoración económica de recursos hídricos para el suministro de agua potable. El caso del Parque Nacional Cajas. La cuenca del río Tomebamba.
- Sánchez Mendieta, C. (2024). Escasea agua potable en Cuenca por el estiaje. *El Mercurio*. <https://elmercurio.com.ec/2024/09/05/cuenca-agua-potable-estiaje/>