

Metodología para el análisis de la vulnerabilidad del recurso hídrico para consumo humano. Validación en tres acueductos de la subcuenca del río Copán, Honduras¹

María Magdalena Mendoza Díaz²;
Francisco Jiménez Otárola³

En la subcuenca del río Copán, la mayoría de las personas sufren problemas relacionados con el agua para consumo humano.

A partir de este análisis se deben desarrollar estrategias para reducir la vulnerabilidad del sistema y garantizar su sostenibilidad; de no ser así, llegará un momento en que el sistema no podrá cumplir su función.

El análisis de vulnerabilidad de los tres sistemas en conjunto puede servir de base para que la Mancorsaric, como ente coordinador del desarrollo de la zona, tome y priorice las decisiones y asignación de recursos para la gestión del agua para consumo humano y establezca políticas de manejo del recurso hídrico.



Foto: María Magdalena Mendoza Díaz.

¹ Basado en Mendoza (2008).

² Instituto Tecnológico Superior de San Miguel El Grande, Oaxaca, México. mmagdalenamdz@yahoo.com.mx

³ Programa Gestión Territorial de Recursos Hídricos y Biodiversidad, CATIE. fjimenez@catie.ac.cr

Resumen

Se elaboró una propuesta metodológica para el análisis de vulnerabilidad del recurso hídrico para consumo humano, a nivel de todo el sistema, desde la zona de recarga en nacientes o fuentes, hasta la gestión administrativa de los acueductos. La metodología integra aspectos cualitativos y cuantitativos, bajo un enfoque sistémico e interdependiente, y consta de 10 componentes y 63 indicadores. La validación se hizo en tres sistemas de acueductos de la subcuenca del río Copán en Honduras: El Malcote-Don Cristóbal, El Estribo y Pinalito-Salitre. El análisis de la vulnerabilidad global de los sistemas permitió determinar que Pinalito-Salitre tiene una vulnerabilidad alta y los sistemas El Estribo y El Malcote-Don Cristóbal tienen vulnerabilidad media. La evaluación de los tres sistemas permite tomar decisiones para la priorización de acciones y la asignación de recursos, tanto a nivel del municipio como de la mancomunidad de municipios que los agrupa. La metodología permitió identificar y cuantificar los componentes del sistema y los indicadores en cada componente que son más críticos y vulnerables. De manera complementaria, se identificaron las medidas de adaptación practicadas a nivel local por los usuarios del agua. La metodología es una herramienta flexible que puede adaptarse a condiciones particulares.

Palabras claves: Cuencas hidrográficas; recursos hídricos; agua potable; abastecimiento de agua; consumo; vulnerabilidad; metodología; río Copán; Honduras.

Summary

A Methodology for Analyzing Drinking Water Vulnerability; Validation in Three Aqueducts of the Copán River Subwatershed, Honduras.

This study proposed a methodology to analyze the vulnerability of water for human consumption throughout the system, from the recharge areas to administrative management of aqueducts. The methodology includes both qualitative and quantitative aspects with a focus on a systemic interdependent approach. It consists of 10 components and 63 indicators. The methodological validation was carried out in three aqueducts of the Copán River subwatershed, Honduras: El Malcote-Don Cristóbal, El Estribo and Pinalito-Salitre. The analysis showed that global vulnerability in Pinalito-Salitre is high and medium in El Estribo and El Malcote-Don Cristóbal. The evaluation of these three systems helped in decision making, priority setting and resources allocation, within both the municipality and the administrative organization that groups them all. The methodology also identified and quantified the most critical system components and indicators. Complementarily, preventive and reactive adaptation measures practiced by local users and water service providers were also identified. This methodology constitutes a flexible tool that can be adapted to specific conditions.

Keywords: Watershed; water resources; drinking water; water supply; consumption; vulnerability; methodology; Copán river; Honduras.

Introducción

El agua puede considerarse como el recurso más importante que tiene la humanidad, ya que es vital para la existencia de todos los organismos vivos. Si bien este recurso está siendo cada vez más valorado, también está cada vez más amenazado, a medida que la población humana crece y requiere de más agua y de mejor calidad para

sus propósitos domésticos y actividades económicas (UNEP 2006). En este contexto, es de suma importancia el monitoreo de los impactos sobre el medio ambiente y el mejoramiento del acceso al agua segura. El análisis y la supervisión de la gestión del agua para consumo humano es una actividad necesaria en todos los niveles de gestión: local, nacional e internacional.

El análisis de la vulnerabilidad es un proceso para determinar los componentes críticos o susceptibles de daño, pérdida o interrupción de los elementos bajo riesgo, así como las medidas de mitigación que deben implementarse ante una amenaza específica o un grupo de ellas (Jiménez et ál. 2004). Con el fin de facilitar la determinación de la vulnerabilidad de un sistema, se

puede dividir el mismo en varios componentes, aunque sin perder de vista la visión sistémica que permite integrar y analizar la funcionalidad interdependiente entre ellos. El conocimiento de la vulnerabilidad es necesario para los procesos de planificación y toma de decisiones a corto, mediano y largo plazo pues, con base en ese conocimiento, se podrán implementar las acciones necesarias para reducirla, priorizar las áreas más críticas de intervención, asignar recursos logísticos, humanos y económicos y, finalmente, reducir o evitar conflictos socioambientales. A nivel nacional, la valoración de la vulnerabilidad permite poner prioridades para el desarrollo (Downing y Patwardhan 2003).

Existen algunas metodologías con abordajes parciales para el análisis de la vulnerabilidad de sistemas de agua para consumo humano (Plaza y Yépez 2001, Watler 2008). Es necesario desarrollar una metodología que integre todos los componentes que influyen en su vulnerabilidad, desde la zona de recarga hasta el manejo de aguas servidas (Mendoza 2008). Esta propuesta se elaboró pensando en las juntas de agua, organismos de cuencas, decisores y administradores de acueductos que tienen relación con el recurso. La metodología propuesta es una herramienta para tomar decisiones relacionadas con el manejo y gestión del recurso hídrico para consumo humano; por ende, se espera que ayude a reducir los impactos negativos que la disminución de la oferta de agua pudiera tener sobre la población.

Formulación de la metodología

El estándar para el análisis de la vulnerabilidad del recurso hídrico para consumo humano parte del principio de que la vulnerabilidad global está integrada por diferentes componentes o ejes que se deben analizar en su conjunto para que los resultados reflejen la realidad

del sistema (Wilches-Chaux 1993). Como primer paso, se revisó la información publicada sobre vulnerabilidad en diferentes disciplinas y particularmente los relacionados con el recurso hídrico. Además se realizaron recorridos de campo para identificar los componentes del sistema que influyen en la vulnerabilidad del recurso hídrico para consumo humano. Posteriormente, se formularon y caracterizaron los indicadores a partir de las observaciones de campo, la revisión de literatura y consultas con personas que tienen experiencia sobre el tema; específicamente se consultó con 16 expertos de países como México, Honduras, Nicaragua, Costa Rica, Colombia, Perú, Paraguay y Argentina.

Se identificaron diez componentes del sistema, relevantes para el análisis integral de vulnerabilidad, y se definieron sus indicadores. El número de indicadores por componente varía de tres a catorce. Cada indicador se caracterizó mediante cinco categorías, con valoraciones de 0 a 4 -entre mayor sea el valor asignado, mayor es la vulnerabilidad. La propuesta elaborada se validó en tres acueductos de la subcuenca del río Copán, Honduras.

Cálculo de la vulnerabilidad de los componentes del sistema hídrico

Para el cálculo de la vulnerabilidad se utilizó una adaptación de la metodología descrita por Jiménez (2008), basada en la evaluación de la vulnerabilidad de cada indicador, de cada componente y la vulnerabilidad global del sistema. La vulnerabilidad del sistema se calculó en dos escenarios: 1) sin realizar ninguna ponderación de los valores obtenidos por componente y 2) asignando un peso relativo a cada uno de los componentes. El escenario con ponderación permite hacer un cálculo más concertado de la vulnerabilidad, ya que aunque todos los componen-

tes influyen en la vulnerabilidad del sistema, no todos tienen el mismo grado de influencia. La ponderación también se puede hacer para cada indicador dentro del componente respectivo, asignándole un peso relativo a cada uno de los indicadores.

Cálculo de la vulnerabilidad sin ponderación

Se utilizó el siguiente procedimiento:

- Se suman los valores de calificación de los indicadores en cada componente.
- Se divide la sumatoria entre el número total de indicadores por componente, para obtener el promedio para cada uno (debe dar un valor entre 0 y 4).
- Se suma la vulnerabilidad promedio de todos los componentes.
- Se divide la sumatoria anterior entre 10 (número total de componentes).
- Se divide el resultado entre 4 (valor máximo de la escala de valoración) y se multiplica por 100 para obtener el valor de la vulnerabilidad expresado en porcentaje.
- Se caracteriza el nivel de vulnerabilidad utilizando la siguiente escala.

Nivel	Valoración (%)
Muy alta	80,1 - 100
Alta	60,1 - 80,0
Media	40,1 - 60,0
Baja	20,1 - 40,0
Muy baja o nula	00,0 - 20,0

Cálculo de la vulnerabilidad con ponderación

A los diferentes componentes se les asigna un peso relativo que se multiplica por la vulnerabilidad promedio, para obtener la vulnerabilidad global del sistema (VGS), de acuerdo con la siguiente fórmula:

$$VGS = \sum(A*f) + (B*f) + (C*f) + (D*f) + (E*f) + (F*f) + (G*f) + (H*f) + (I*f) + (J*f)$$

Donde: A, B, C... = vulnerabilidad del componente A, B, C...

f = contribución relativa (%) a la vulnerabilidad global

Propuesta metodológica para el análisis de vulnerabilidad del recurso hídrico para consumo humano

La metodología para el análisis de vulnerabilidad del recurso hídrico para consumo humano integra aspectos cualitativos y cuantitativos bajo un enfoque sistémico e interdependiente y, al mismo tiempo, facilita el análisis de responsabilidades compartidas en el sistema. La metodología propuesta se basó en los siguientes componentes:

- A.** Zona de recarga hídrica (microcuenca)
- B.** Fuente de abastecimiento de agua
- C.** Toma de agua y obra de captación
- D.** Sistema o tubería de conducción
- E.** Tanque de almacenamiento
- F.** Red de distribución
- G.** Tratamiento del agua
- H.** Uso y manejo del agua en el hogar
- I.** Manejo de aguas post-uso
- J.** Gestión administrativa

Para los diez componentes se identificaron 63 indicadores que se agruparon en cinco categorías, a los cuales se les asignó un valor de 0 a 4. (Ver estándar completo en Mendoza 2008).

La metodología propuesta permite hacer la evaluación de los sistemas hídricos para consumo humano de manera integral y, sobre esa base, tomar las decisiones de manejo y gestión pertinentes. Por otra parte, su aplicación, a intervalos de tiempo permite realizar un monitoreo de los componentes del sistema hídrico para consumo humano y, de esta forma, determinar los cambios de variaciones en la vulnerabilidad del sistema por

efecto de las acciones emprendidas para su mejoramiento. Esta es una herramienta para instituciones, organizaciones o personas que toman decisiones o acciones en los procesos de gestión del recurso hídrico para consumo humano. Esta herramienta permite priorizar, en tres niveles, las acciones para disminuir la vulnerabilidad del sistema y garantizar la sostenibilidad:

- En un conjunto de sistemas hídricos, identificar cuál es el más vulnerable.
- A nivel de un sistema, identificar los componentes más vulnerables.
- Dentro de un componente, identificar los indicadores más vulnerables.

Esta metodología ofrece los elementos necesarios para realizar el análisis de vulnerabilidad y deja al usuario la decisión de elegir qué componentes y/o indicadores debe tomar en cuenta para el análisis. Esto quiere decir que se puede adaptar a las condiciones y necesidades particulares de los sistemas y/o usuarios. La herramienta es flexible y no es necesario que un solo evaluador analice todo el sistema, ya que se puede evaluar por componentes o por indicadores. Sin embargo, sí es importante reunir la mayor cantidad de información para que la evaluación sea más certera y acorde con la realidad. Para ello, es conveniente recurrir a la mayor cantidad de fuentes, tanto primarias como secundarias.

Validación de la metodología propuesta

La subcuenca del río Copán

La subcuenca del río Copán se localiza en el occidente de Honduras y forma parte de la cuenca binacional del río Motagua, que sirve de línea fronteriza entre Guatemala y Honduras (Fig. 1). La subcuenca abarca la totalidad de los territorios de los municipios de Santa Rita y Cabañas, parte central de Copán Ruinas y parte de Concepción, San Agustín, Paraíso, La Unión y San

Jerónimo. Su extensión es de 619 km² (Otero 2002, CATIE 2004). Esta subcuenca tiene gran importancia estratégica para la sostenibilidad ecológica, el potencial turístico, la producción y economía de las comunidades allí asentadas, la producción de agua para consumo humano y riego, el suelo para la producción agropecuaria actual y de futuras generaciones. Sin embargo, la población se ve afectada por la degradación de bosques, suelo y agua como consecuencia de prácticas agrícolas poco sostenibles (Otero 2002, Cisneros 2005). Además de los procesos que impactan negativamente la calidad y cantidad del recurso hídrico en la subcuenca, existen otros problemas asociados con el abastecimiento de agua, ya que sólo el 34% de la población cuenta con el servicio de agua entubada (Mancorsaric 2003), mientras que en el resto del país, en 1996, el 74% de la población disponía de agua dentro de la vivienda o la propiedad (OPS/OMS 2003).

Alrededor del 68% de la población que cuenta con el servicio de cañería en el municipio de Copán Ruinas, no recibe el agua de forma continua, especialmente en la época seca, o es de mala calidad (Cisneros 2005). Los problemas de disponibilidad de agua para la población urbana tienen que ver con diferentes causas; por ejemplo, fugas, deterioro y antigüedad del sistema de abastecimiento, despilfarro (el consumo *per cápita* de agua en el casco urbano de Copán Ruinas, se estima en 11,3 m³/mes, el doble de los niveles óptimos para países en desarrollo a nivel mundial) (Cisneros 2005, Pagiola et ál. 2004).

Con base en estos antecedentes, se decidió aplicar la metodología desarrollada para analizar la vulnerabilidad del agua para consumo humano en tres acueductos de la subcuenca del río Copán. Además, se identificaron las medidas empleadas por la población para disponer

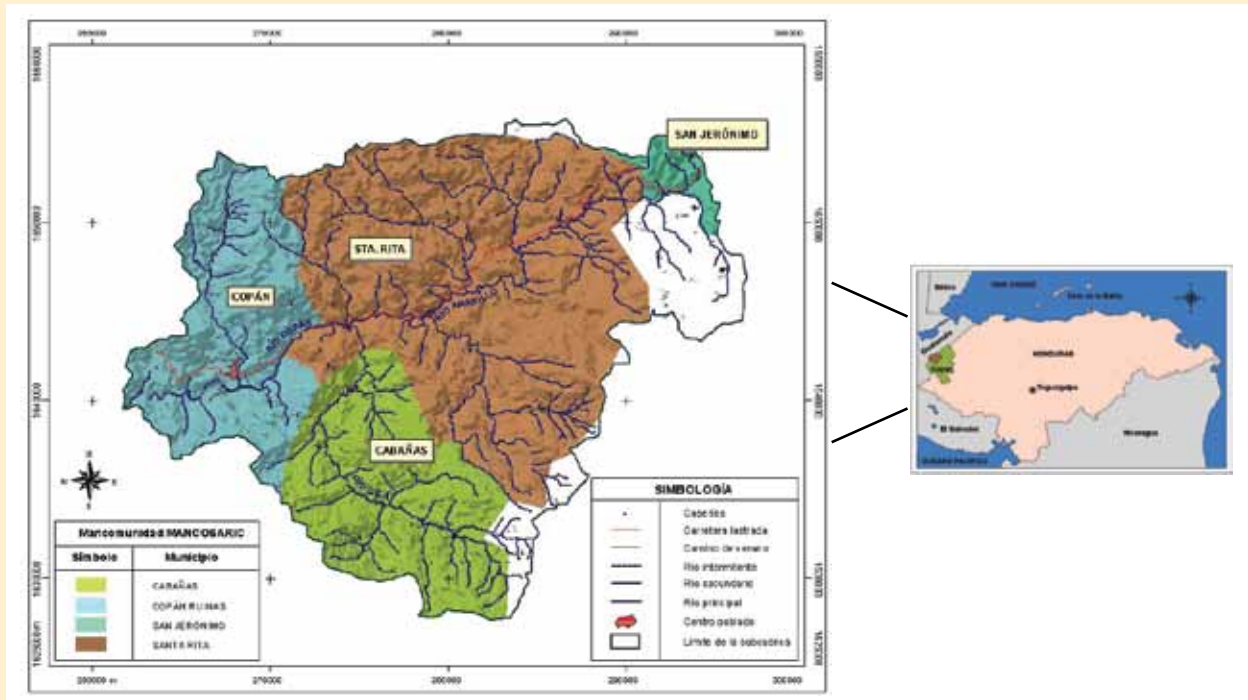


Figura 1. Ubicación de la subcuenca del río Copán, Honduras (Guillén 2002)

de agua a tiempo y en cantidad y calidad para satisfacer necesidades actuales. La subcuenca del río Copán es una cuenca demostrativa del programa “Innovación, Aprendizaje y Comunicación para la Cogestión Adaptativa de Cuencas” (Focuecnas II), que implementa el Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE), en asocio y alianza con múltiples actores locales y nacionales. Esta es otra de las razones por las que se decidió validar la metodología allí.

Análisis de vulnerabilidad de los sistemas de recursos hídricos para consumo humano

La selección de los tres acueductos se basó en las opiniones de los alcaldes, personal de las Unidades Municipales Ambientales (UMA), personal de la Mancomunidad de Municipios de Copán Ruinas, Santa Rita, Cabañas y San Jerónimo (Mancorsaric), del programa

Focuecnas II y consultores que trabajan en la subcuenca. El principal criterio que se tomó en cuenta para la selección fue la cantidad de población abastecida, por lo que se seleccionaron los sistemas del casco urbano de los municipios. Los tres acueductos seleccionados fueron: a) El Malcote-Don Cristóbal, en el municipio de Copán Ruinas, el cual es administrado por Servicio Nacional de Acueductos y Alcantarillados (SANAA); b) El Estribo, en el municipio de Santa Rita, administrado por la municipalidad y c) Pinalito-Salitre en el municipio de Cabañas, administrado por la Junta de Agua local.

Para cada uno de los sistemas se identificaron los actores claves con los cuales se realizaron reuniones y sesiones de trabajo para implementar la validación. Cada actor realizó una evaluación del sistema a partir de su propio conocimiento y tomando como base la metodología propuesta. La vulnerabilidad

de los sistemas se calculó bajo dos escenarios: en el primero se le dio el mismo peso a todos los componentes y en el segundo escenario, un peso relativo (Cuadro 1) definido a partir de las opiniones de los actores claves consultados. No se realizó la ponderación de indicadores para cada componente, ya que los pesos relativos asignados a los indicadores a partir del criterio experto fueron muy similares.

Medidas de adaptación ante la vulnerabilidad del recurso hídrico

Como respuesta ante la vulnerabilidad del recurso hídrico para consumo humano se deben tomar medidas para garantizar la continuidad de la vida sobre la tierra. Las medidas de adaptación incluyen la reutilización, reciclado, prevención de contaminación, ahorro de agua. Todas estas actividades contribuyen a una gestión integrada de los recursos hídricos (MMA 2005). Luego que se determinó la vulnerabilidad de cada

uno de los tres sistemas, se procedió a identificar las medidas de adaptación que se practican o estarían dispuestos a realizar los usuarios del agua, para enfrentar los problemas de contaminación y escasez del recurso. Se elaboró un formulario de entrevista semiestructurada y se aplicó a una muestra de la población, elegida al azar. La muestra estuvo integrada por representantes de los hogares de los municipios de Copán Ruinas, Cabañas y Santa Rita. Las medidas de adaptación se clasificaron en reactivas y anticipatorias; posteriormente se realizó un análisis de frecuencia de uso y aplicación de esas medidas.

Resultados de la validación

Análisis de vulnerabilidad del acueducto El Malcote-Don Cristóbal

El sistema hídrico que se evaluó en el municipio de Copán Ruinas presentó, en los dos escenarios, una vulnerabilidad media: 49,1% sin ponderación (Cuadro 2) y 49,0% con ponderación. El componente con la vulnerabilidad más alta fue el H (manejo del agua en el hogar); siete componentes obtuvieron la categoría de vulnerabilidad media y dos componentes fueron de baja vulnerabilidad (Fig. 2). El desperdicio del agua en los hogares es muy visible en el municipio, sobre todo en la zona céntrica que, por su importancia para la actividad turística, es donde el agua llega con mayor regularidad y la escasez es menor. Las evidencias de desperdicio de agua son varias; entre ellas, dos se destacan como las más importantes: a) utilización del agua para regar y lavar las calles y b) presencia de fugas en la red doméstica. El desperdicio de agua es el reflejo de la falta de visión a futuro: nadie piensa en la conservación y protección de un recurso que cada vez va a ser más escaso.

Todas las instituciones que trabajan con los recursos naturales en

Cuadro 1. Peso relativo asignado a cada componente del acueducto

Componente	Nombre del componente	Peso relativo (%)
A	Zona de recarga hídrica (microcuenca)	15
B	Fuente de abastecimiento de agua	13
C	Toma de agua y obra de captación	11
D	Línea de conducción	8
E	Tanque de almacenamiento	8
F	Red de distribución	8
G	Tratamiento del agua	9
H	Uso y manejo del agua en el hogar	8
I	Manejo de aguas post-uso	7
J	Gestión administrativa	13

Cuadro 2. Vulnerabilidad del acueducto El Malcote-Don Cristóbal (cálculo sin ponderación de los componentes)

Componente	Vulnerabilidad (%)	Caracterización de la vulnerabilidad
A	56,67	Media
B	50,69	Media
C	53,33	Media
D	55,00	Media
E	57,14	Media
F	49,40	Media
G	41,67	Media
H	60,42	Alta
I	36,67	Baja
J	30,36	Baja
Sistema	49,13	Media

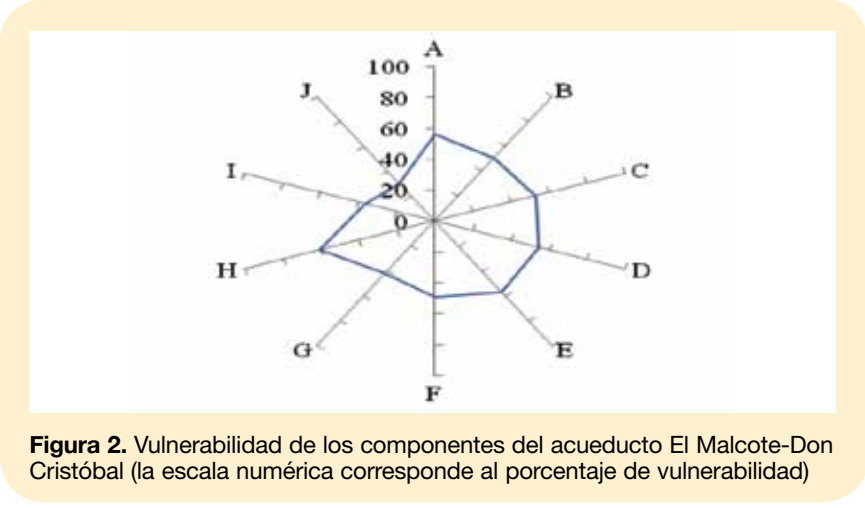


Figura 2. Vulnerabilidad de los componentes del acueducto El Malcote-Don Cristóbal (la escala numérica corresponde al porcentaje de vulnerabilidad)

general, y el recurso hídrico para consumo humano en especial, deben establecer mecanismos para orientar a la población de Copán Ruinas sobre el uso y manejo del agua en el hogar. Es imprescindible que la Mancorsaric, el SANAA y la municipalidad desarrollen estrategias de uso del agua en forma adecuada y

eficiente. Por ello, se deben plantear medidas correctivas, tanto en las costumbres de la población como en los procesos de manejo de las instalaciones. Las medidas deben enfocarse en la creación de una cultura de ahorro, a fin de lograr impactos positivos en todos los indicadores de uso y manejo del agua en el hogar.

Entre los componentes que tuvieron un valor de vulnerabilidad media, varios están muy cerca del límite entre las categorías media y alta (Cuadro 2). Esto sugiere que en un plan de gestión del acueducto debe darse la mayor prioridad al mejoramiento de estos componentes. Por ejemplo, el uso y manejo adecuado del suelo en la zona de recarga hídrica, así como un buen tratamiento del agua, mejorarán considerablemente la calidad del agua que recibe la población de Copán Ruinas. En la actualidad, el agua que se distribuye no cumple con los estándares de calidad (gran cantidad de sedimentos, principalmente) y, por lo tanto, la mayoría de las personas compran agua embotellada para beber y preparar los alimentos.

Por razones de espacio, no se ofrecen las valoraciones para cada indicador. Sin embargo, para efectos del análisis global de vulnerabilidad es importante la evaluación por indicador, ya que permite priorizar cuáles son los indicadores más críticos que se deben atender para reducir los niveles de vulnerabilidad del componente respectivo, o del acueducto en su totalidad.

Análisis de vulnerabilidad del acueducto El Estribo

El sistema hídrico y acueducto de abastecimiento de agua que suple a la cabecera poblacional de Santa Rita de Copán presentó un nivel medio de vulnerabilidad en los análisis sin y con ponderación de los componentes del sistema (57,7% y 56,7%, respectivamente) (Cuadro 3). Hay mucha variación en la vulnerabilidad de los componentes, con valores que van desde 33% hasta 97,5%, lo que muestra un desbalance y falta de atención a componentes fundamentales para tener un buen suministro de agua para consumo humano en los hogares. Los componentes con vulnerabilidad muy alta fueron el G (tratamiento del agua) y el I (manejo del agua post-uso). El

componente J (gestión administrativa) también debe ser considerado dentro del grupo de componentes prioritarios, pues mostró un índice de vulnerabilidad alta (Fig. 3).

El agua procedente del sistema El Estribo no recibe ningún tratamiento (o es poco frecuente); las personas que tienen posibilidades económicas compran el agua embotellada para beber. Para brindar un mejor servicio, la Municipalidad de Santa Rita debe poner atención al tratamiento necesario para garantizar la potabilidad del agua, tanto para consumo humano como para la higiene personal; ambos usos son básicos en la reducción del riesgo de enfermedades transmitidas a través del agua.

La contaminación del agua tiene una estrecha relación con el tratamiento de agua post-uso; este componente es de alta prioridad para disminuir la vulnerabilidad en el sistema hídrico de El Estribo. En el municipio de Santa Rita no se da tratamiento a las aguas negras, y un alto porcentaje son vertidas directamente al río Copán que atraviesa la ciudad; evidentemente, la contaminación de las aguas afecta a las poblaciones del municipio de Copán Ruinas, que se encuentra aguas

abajo. En la época de escasez de agua, los pobladores recurren al río para suplir varias de sus necesidades de agua. Para solucionar este problema y mejorar las condiciones de salud y saneamiento, se necesita que la municipalidad empiece a gestionar recursos para el establecimiento de plantas de tratamiento para el manejo de agua potable y aguas residuales. Los proyectos de este tipo requieren inversiones sustanciales

Cuadro 3. Vulnerabilidad del acueducto El Estribo (cálculos sin ponderación de los componentes)

Componente	Vulnerabilidad (%)	Caracterización de la vulnerabilidad
A	45,00	Media
B	55,21	Media
C	50,83	Media
D	56,25	Media
E	34,82	Baja
F	33,33	Baja
G	82,64	Muy alta
H	56,94	Media
I	97,50	Muy alta
J	64,88	Alta
Sistema	57,74	Media

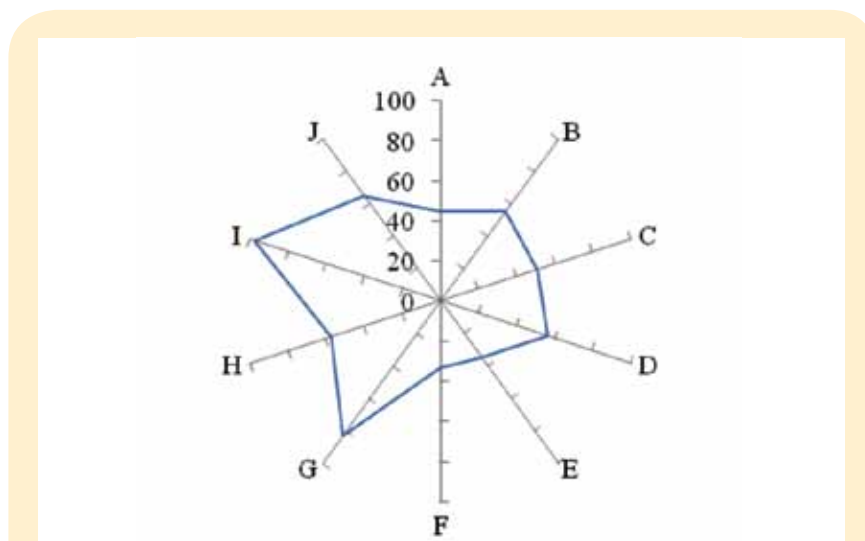


Figura 3. Vulnerabilidad de los componentes del acueducto El Estribo (la escala numérica corresponde al porcentaje de vulnerabilidad)

de capital; sin embargo, este es un problema urgente y prioritario, que debe ser atendido para reducir la contaminación del agua y reducir la vulnerabilidad del recurso hídrico.

Existen varias alternativas para el manejo de aguas negras. Los sistemas de desecho en sitio (tanques sépticos o pozos negros) y las lagunas de estabilización son adecuados, si se manejan bien. Las lagunas de estabilización son una alternativa de bajo costo para el tratamiento de corrientes de residuos, pero requieren vastas extensiones de terreno. La reutilización de las aguas de alcantarillado es una opción viable; estas aguas se pueden usar para riego de cultivos agrícolas. Los sistemas de tratamiento acuático incluyen estanques o ciénagas con plantas que tienen la capacidad de absorber contaminantes dañinos que se encuentran en las aguas negras. Estos sistemas pueden ser ciénagas naturales o construidas (Reynolds 2002).

Si bien la municipalidad se esfuerza por cumplir con el mandato recibido de la Ley de Municipalidades de Honduras, en cuanto a brindar el servicio de abastecimiento de agua a la población de Santa Rita, es necesario que se fortalezca la gestión administrativa del recurso y se incremente la eficiencia del uso y manejo. Además, se debe impulsar la participación social en la gestión de agua y desarrollar mecanismos que permitan la autosuficiencia financiera, para asegurar el mantenimiento del acueducto y el sistema hídrico en su conjunto.

Análisis de vulnerabilidad del acueducto Pinalito-Salitre

Los resultados evidencian que el acueducto de Pinalito-Salitre, que abastece de agua a la comunidad principal del municipio de Cabañas, es altamente vulnerable. En el escenario sin ponderación de los componentes del sistema, la vulnerabilidad resultante fue de 68,9% (Cuadro 4), y de 67,9% con ponderación. Los

componentes E (tanque de almacenamiento), G (tratamiento del agua) e I (manejo de agua post-uso) cayeron dentro de la categoría de muy alta vulnerabilidad; los componentes A (zona de recarga hídrica), B (fuente de abastecimiento de agua) y H (uso y manejo del agua en el hogar) son altamente vulnerables (Fig. 4). En el sistema, seis componentes son los más vulnerables y por lo tanto, los que requieren de atención prioritaria.

En Pinalito-Salitre hay que multiplicar esfuerzos para garantizar la sostenibilidad del recurso hídrico debido a que los problemas que se presentan son muy graves y diversos. Las estrategias de intervención deben dirigir las acciones prioritarias a la atención de los componentes E, G e I, que son los más vulnerables, y luego (o paralelamente), los componentes A, B y H. Este sistema debe manejarse de manera integral, ya que por su alta vulnerabilidad, así lo requiere.

La estrategia de intervención depende de la capacidad y voluntad de las personas que manejan el sistema y de las autoridades municipales y estatales. Para reducir la vulnerabilidad en la zona de recarga hídrica, ya se han dado avances en los procesos de negociación con los dueños de los terrenos para el cercado y protección de la fuente de agua. Sin embargo, es importante que se busquen otros mecanismos, como la compra de terrenos y/o pago por servicios ecosistémicos para garantizar el buen manejo y, sobre todo, la protección de la zona de recarga hídrica. Un paso importante es la gestión de recursos y el involucramiento de la población en estos procesos.

A partir de este análisis se deben desarrollar estrategias para reducir la vulnerabilidad del sistema y garantizar su sostenibilidad; de no ser así, llegará un momento en que el sistema no podrá cumplir su función. Los instrumentos de planificación,

como el ordenamiento territorial, son importantes para iniciar un proceso de vinculación entre la gestión del uso de la tierra y los recursos hídricos. Además, se debe considerar el tratamiento de las aguas negras para reducir los impactos negativos que se producen al verterlas directamente en los ríos. Las inversiones en instalaciones adecuadas de saneamiento deberían proteger los cuerpos de agua contra la contaminación y reducir los peligros para la salud de la población.

Comparación entre los tres sistemas

Se evidenció que la vulnerabilidad más alta se sufre en Pinalito-Salitre; el Estribo y El Malcote-Don Cristóbal tienen vulnerabilidad media. Los resultados prácticamente no variaron cuando los cálculos se hicieron con o sin ponderación del peso relativo asignado a cada uno de los componentes del sistema (Cuadro 1). Entre los dos sistemas tuvieron un valor medio de vulnerabilidad, la diferencia fue de casi 9%, lo que indica que para la toma de decisiones de intervención, asignación de prioridades o recursos económicos es mejor basarse en el valor porcentual, antes que en la caracterización de la vulnerabilidad.

Los componentes más vulnerables variaron entre sistemas. En El Malcote-Don Cristóbal, el componente más vulnerable fue el H (manejo del agua en el hogar); en El Estribo fueron el G (tratamiento del agua) y el I (manejo del agua post-uso), y en Pinalito-Salitre, seis componentes fueron altamente vulnerables (Cuadro 5). El análisis de vulnerabilidad de los tres sistemas en conjunto puede servir de base para que la Mancorsaric, como ente coordinador del desarrollo de la zona, tome y priorice las decisiones y asignación de recursos para la gestión del agua para consumo humano y establezca políticas de manejo del recurso hídrico.

Medidas de adaptación

En la subcuenca del río Copán, la mayoría de las personas sufren problemas relacionados con el agua para consumo humano. El 60% de los entrevistados afirmó que tienen o han tenido problemas por la calidad y cantidad del recurso. Entre esas dificultades mencionaron: a) el agua es indispensable para todas las actividades; b) se alteran las actividades cotidianas; c) se invierte mucho tiempo, tanto para tratarla como para acarrearla; d) están acostumbrados a consumir agua de la llave y es difícil tomar agua de otras fuentes.

Las medidas de adaptación que se detectaron tienen que ver con la disponibilidad y calidad del recurso hídrico para consumo humano. En cuanto a la *cantidad y disponibilidad de agua*, se identificaron medidas de adaptación de dos tipos: reactivas (73,3% de los casos) y anticipatorias (38,9% de los casos). Las medidas reactivas mencionadas con mayor frecuencia por las personas entrevistadas fueron: a) acceso a otras fuentes de agua (53%); esta medida se basa en dos acciones: acarreo de agua y traslado a las fuentes de agua para lavar ropa y bañarse; b) racionamiento y/o ahorro del agua (9%); c) reparación inmediata de fallas en el acueducto (7%); d) compra de agua exclusivamente para tomar y preparación de alimentos (5%). La medida de adaptación anticipatoria que más mencionaron los entrevistados es el almacenamiento de agua (36% de la población entrevistada). Con muy poca frecuencia se mencionaron otras acciones como el impulso a la gestión de nuevos proyectos (2,2%), o trabajos de concientización relacionados con la protección y conservación de los bosques (1,1%). A pesar de lo bajo de este último valor, bien pudiera ser un indicio alentador del reconocimiento incipiente de la relación entre el bosque y el agua.

En cuanto a la *calidad del agua*, sólo se identificaron medidas de adaptación reactivas: a) tratamiento

de agua en el hogar (73%), la cloración, hervido y filtración fueron los métodos más mencionados; b) compra de agua purificada (37%), esta medida depende de las condiciones económicas de las familias; c) acarreo de agua (7%). El acarreo de agua de otras fuentes resuelve un problema de disponibilidad, pero la calidad del agua en las fuentes posibles y más cercanas a las poblaciones no cumple con los estándares para ser utilizada para consumo humano; sólo se puede utilizar para bañarse, lavar ropa y otras actividades que no requieran agua de primera calidad.

Los usuarios del agua en la subcuenca del río Copán ya han empezado a adoptar medidas de adaptación para resolver sus

Cuadro 4. Vulnerabilidad del acueducto Pinalito-Salitre (cálculos sin ponderación de los componentes)

Componente	Vulnerabilidad (%)	Caracterización de la vulnerabilidad
A	77,14	Alta
B	63,10	Alta
C	53,93	Media
D	56,67	Media
E	80,71	Muy alta
F	37,86	Baja
G	98,33	Muy alta
H	71,67	Alta
I	96,00	Muy alta
J	53,13	Media
Sistema	68,85	Alta

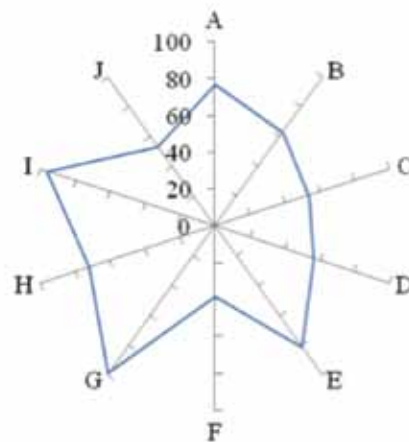


Figura 4. Vulnerabilidad de los componentes del acueducto Pinalito-Salitre (la escala numérica corresponde al porcentaje de vulnerabilidad)

Cuadro 5. Vulnerabilidad de los componentes en los tres sistemas analizados

Componente	El Malcote-Don Cristóbal	El Estribo	Pinalito-Salitre
A	Media	Media	Alta
B	Media	Media	Alta
C	Media	Media	Media
D	Media	Media	Media
E	Media	Baja	Muy alta
F	Media	Baja	Baja
G	Media	Muy alta	Muy alta
H	Alta	Media	Alta
I	Baja	Muy alta	Muy alta
J	Baja	Alta	Media

problemas relacionados con la calidad, cantidad y disponibilidad del recurso hídrico. Sin embargo, para enfrentar los problemas actuales y futuros es fundamental que esas medidas de adaptación tengan un alcance mayor y que todas las autoridades y habitantes de la subcuenca busquen la integración de nuevas medidas para alcanzar un impacto mayor. El agua para consumo humano es un recurso para la seguridad de la vida; por ello, la participación del gobierno local es determinante. Si se dieran formas de adaptación pública y planificada, además de las que ya se practican, se lograrían grandes beneficios y los impactos de escasez de agua de calidad serían menores (IPCC 2001). La adaptación puede ser a través de tecnologías, comportamiento individual, organización social, normas y políticas, actividades económicas o educación.

Es necesario, entonces, desarrollar estrategias de adaptación en materia de políticas públicas hidrológicas basadas en diferentes ejes de articulación; entre ellos:

- Cada municipio debe tener como directriz una estrategia de gestión integrada del recurso hídrico.
- Hay que reducir rezagos y limitaciones en la disponibilidad del agua.
- Se debe promover la gestión integral de cuencas.
- Se debe garantizar la seguridad jurídica en el derecho al uso de aguas nacionales y bienes inherentes.
- Hay que ampliar los canales de participación de la sociedad en la planeación y utilización del agua.


Para enriquecer las medidas de adaptación en la subcuenca del río Copán se pueden considerar las medidas adaptativas de tipo técnico, sociopolítico y económico para el sector agua potable (Giroto y Jiménez 2002). En las propuestas de adaptación es necesario crear condiciones desde el Estado y con una intensa participación de la sociedad y de la empresa privada. No obstante, el éxito de las medidas de adaptación

relacionadas con los recursos hídricos depende de la coordinación y cooperación estrecha entre los centros de investigación, la academia, las instancias gubernamentales de todo nivel, las ONG y la sociedad; además, se debe garantizar el presupuesto para la ejecución, seguimiento y evaluación.

Conclusiones

- Se evidenció que la metodología es simple y al alcance de la mayoría de los actores locales que tienen bajo su responsabilidad la gestión de acueductos y sistemas integrales de abastecimiento de agua para el consumo humano.

- Para el análisis integral de la vulnerabilidad de los sistemas de recursos hídricos para consumo humano se deben realizar estudios comparativos entre los sistemas de zonas rurales y urbanas. Esta comparación servirá como mecanismo para la validación y mejoramiento de la propuesta.

- La aplicación de la metodología propuesta en todos los municipios de la subcuenca del río Copán permitiría evaluar todos los sistemas y acueductos y tomar las mejores decisiones para garantizar la sostenibilidad del suministro de agua a la población. 

Literatura citada

- CATIE (Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza). 2004. Programa “Innovación, Aprendizaje, y Comunicación para la Cogestión Adaptativa de Cuencas” Focuecas II: propuesta para la segunda fase. Turrialba, Costa Rica. CATIE. 85 p.
- Cisneros, J. 2005. Valoración económica de los beneficios de la protección del recurso hídrico y propuesta de un marco operativo para el pago de servicios ambientales en Copán Ruinas, Honduras. Tesis Mag. Sc. Turrialba, Costa Rica. CATIE. 115 p.
- Downing, TE; Patwardhan, A. 2003. Vulnerability assessment for climate adaptation. New York, US, United Nations Development Programme. p. 69-89. (APF Technical Paper 3).
- Guillén, R. 2002. Modelación del uso de la tierra para orientar el ordenamiento territorial en la subcuenca del río Copán, Honduras. Tesis Mag. Sc. Turrialba, Costa Rica, CATIE. 90 p.
- Giroto, P; Jiménez, A. 2002. Marco regional de adaptación al cambio climático para los recursos hídricos en Centroamérica. San José, Costa Rica, SICA, CRRH, UICN-ORMA, GWP-CATAC. 60 p.
- IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change). 2001. Cambio climático 2001: impactos, adaptación y vulnerabilidad. Resumen para responsables de políticas y resumen técnico. Ginebra, Chile, IPPCC. 92 p. (Reporte del Grupo de Trabajo II).
- Jiménez, F. 2008. Estudio de caso y ejercicio sobre análisis de vulnerabilidad ante amenazas socioambientales en cuencas hidrográficas. Turrialba, Costa Rica. CATIE. 25 p.
- Jiménez, F; Velásquez, S; Faustino, J. 2004. Análisis integral de la vulnerabilidad a amenazas naturales en cuencas hidrográficas de América Central. In CATIE. VI Semana Científica, Resúmenes. Turrialba, CR, CATIE. p. 50-53.
- Mancorsaric (Mancomunidad de Municipios de Copán Ruinas, Santa Rita, Cabañas y San Jerónimo). 2003. Manejo de la subcuenca del río Copán para la protección del parque arqueológico de Copán Ruinas. Perfil de Proyecto. Tegucigalpa, Honduras, Mancorsaric. 25 p.
- Mendoza Díaz, M. 2008. Metodología para el análisis de vulnerabilidad del recurso hídrico para consumo humano; aplicación y determinación de medidas de adaptación en la subcuenca del río Copán, Honduras. Tesis Mag. Sc. Turrialba, Costa Rica, CATIE. 102 p.
- MMA (Ministerio de Medio Ambiente). 2005. Plan Nacional de adaptación al cambio climático: marco para la coordinación entre administraciones públicas para las actividades de evaluación de impactos, vulnerabilidad y adaptación al cambio climático. Madrid, España, Oficina Española de Cambio Climático. 59 p.
- OPS/OMS (Organización Panamericana de la Salud/Organización Mundial de la Salud). 2003. Análisis sectorial del agua potable en Honduras. Tegucigalpa, Honduras. 45 p.
- Otero, S. 2002. Creación y diseño de organismos de cuencas en la subcuenca del río Copán, Honduras. Tesis Mag. Sc. Turrialba, Costa Rica, CATIE. 119 p.
- Pagiola, S; Von Ritter, K; Bishop, J. 2004. Assessing the economic value of ecosystem conservation. Washington D.C., US, World Bank. 57 p. (Environmental papers No. 101).
- Plaza, G; Yépez, H. 2001. Manual para la mitigación de desastres en sistemas rurales de agua potable. 2 ed. San José, Costa Rica, OPS. 89 p.
- UNEP (United Nations Environmental Programme). 2006. Water quality for ecosystem and human health. Ontario, Canadá. UN GEMS/ Water Programme Office. 132 p.
- Watler, WJ. 2008. Análisis de vulnerabilidad de la contaminación del recurso hídrico en la subcuenca del río Siquirres, Costa Rica. Tesis Mag. Sc. Turrialba, Costa Rica, CATIE. 252 p.
- Wilches-Chaux, G. 1993. La vulnerabilidad global. In Maskrey, A. (Comp.). Los desastres no son naturales. Bogotá, Colombia, La Red. p. 9-50.