



Determinación del Índice de Sostenibilidad de las cuencas Xayá y Pixcayá en el departamento de Chimaltenango

Victor Leonel Mux Caná ¹
Jerónimo Marvin Tomas López ¹
Smaily Enrique Hernández Gil ¹

Recibido el 25 de noviembre de 2021.

Aprobado el 29 de noviembre de 2021.

¹ Ing. Agrónomo, Ing. Forestal e Ing. Civil. Investigadores del Centro Universitario de Chimaltenango, Agronomía. agroleonel@yahoo.com.mx, catedra.cundechusac@gmail.com, sh.fnw.94@gmail.com.

RESUMEN

El Enfoque de Presión-Estado-Respuesta –PER– es una metodología de evaluación de la sostenibilidad de los recursos hídricos, utilizada para cualificar los estándares de calidad del agua, así como cuantificar el volumen total de agua utilizada por los habitantes de una determinada cuenca auxiliándose para ello de instrumentos de política. Actualmente las cuencas Xayá y Pixcayá que abarcan municipios como Tecpán Guatemala, Comalapa, Zaragoza, Santa Cruz Balanya y Chimaltenango han sido sujetas a presiones de toda índole, desde el crecimiento poblacional *per se* hasta el uso desmedido y contaminación de recursos naturales como el agua, los bosques y la ausencia de medidas mitigadoras para la gestión ambiental. El objetivo de la investigación consistió en determinar los indicadores relacionados con las presiones recibidas por los ecosistemas, determinar los indicadores del estado actual de los territorios ante tales presiones y sobre todo evaluar los indicadores que corresponden a las respuestas que los conglomerados sociales le han dado a este tipo de presiones. En la presente investigación no se cumple la hipótesis, ya que el índice de sostenibilidad de cuencas obtenido para el territorio de las Cuencas Xayá y Pixcayá tiene un valor de 0.48 o el equivalente a 48%, es decir 22 puntos abajo del valor de 70 planteado en la hipótesis del presente estudio. El índice de sostenibilidad hídrica de las Cuencas Xayá y Pixcayá basada en la evaluación de los indicadores tiene un valor de 48 puntos apoyando débilmente el alcance de una Gestión Integrada de Recursos Hídricos.

Palabras clave: Ecología, Sustentable, Agua y Saneamiento, Chimaltenango.

ABSTRACT

The Pressure-State-Response Approach –PER– is a methodology for assessing the sustainability of water resources, used to qualify water quality standards, as well as quantify the total volume of water used by the inhabitants of a given basin using policy instruments to do so. Currently the Xayá and Pixcayá basins that encompass municipalities such as Tecpán Guatemala, Comalapa, Zaragoza, Santa Cruz Balanya and Chimaltenango have been subjected to pressures of all kinds, from population growth per se to the excessive use and contamination of natural resources such as water, forests and the absence of mitigating measures for environmental management. The objective of the research was to determine the indicators related to the pressures received by ecosystems, determine the indicators of the current state of the territories in the face of such pressures and, above all, evaluate the indicators that correspond to the responses that social conglomerates have given to this kind of pressure. In this research, the hypothesis is not fulfilled, since the basin sustainability index obtained for the territory of the Xayá and Pixcayá Basins has a value of 0.48 or the equivalent of 48%, that is, 22 points below the value of 70 raised. in the hypothesis of the present study. The water sustainability index of the Xayá and Pixcayá Basins based on the evaluation of the indicators has a value of 48 points, weakly supporting the scope of an Integrated Management of Water Resources.

Key words: Ecology, Sustainable, Water and Sanitation, Chimaltenango.

1. INTRODUCCIÓN

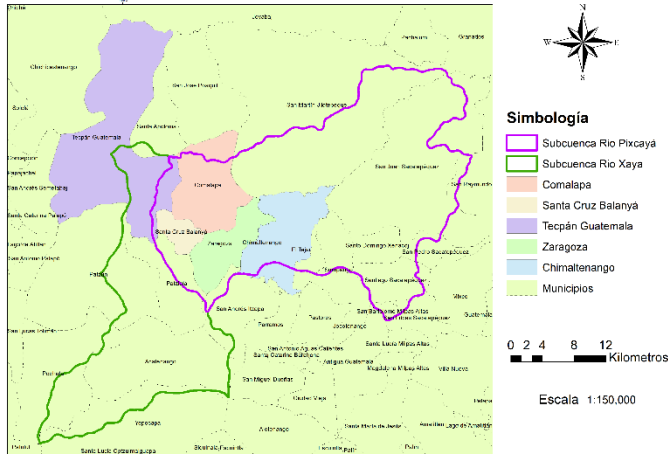
El Enfoque de Presión-Estado-Respuesta –PER– es una metodología de evaluación de la sostenibilidad de los recursos hídricos, utilizada para cualificar los estándares de calidad del agua, así como cuantificar el volumen total de agua utilizada por los habitantes de una determinada cuenca auxiliándose para ello de instrumentos de política. Para estimar el presente índice, se utilizan datos retrospectivos relacionados con la calidad y cantidad del recurso hídrico basado en poblaciones. Como resultado, se concluye si la región estudiada alcanza un valor aceptable de sostenibilidad tomando como punto de referencia de condiciones ideales de gobernabilidad o de gestión integrada de los recursos hídricos los valores cercanos a 1 o a 100 respectivamente.

Actualmente las cuencas Xayá y Pixcayá que abarcan municipios como Tecpán Guatemala, Comalapa, Zaragoza, Santa Cruz Balanyá y Chimaltenango están sujetas a presiones de toda índole, desde el crecimiento poblacional per se hasta el uso desmedido y contaminación de recursos naturales como el agua, los bosques y la ausencia de medidas mitigadoras para la gestión ambiental. El objetivo de la investigación consistió en determinar los indicadores relacionados con las presiones recibidas por los ecosistemas, determinar los indicadores del estado actual de los territorios ante tales presiones y sobre todo evaluar los indicadores que corresponden a las respuestas que los conglomerados sociales le dan a este tipo de presiones ya sea formulando participativamente instrumentos normativos y/o aplicando medidas específicas para resolver la presión en el agua, en el suelo y el bosque.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

Se revisaron expedientes de series de datos históricos de precipitación pluvial, registros de cobertura forestal, datos de población, estadísticas socioeconómicas, así como de provisión y disposición de servicios de agua y saneamiento de las comunidades priorizadas. Todo lo anterior contrastado con datos de censos poblacionales e información socioeconómica. Se desarrollaron jornadas participativas de consulta, entrevistas, medición en campo y revisión de datos de fuentes secundarias, se estructuraron cuadros analíticos que posteriormente se emplearon en la aplicación de las ecuaciones correspondientes.

Figura 1
 Mapa de cuenca Xayá y Pixcayá



Fuente: Hernández Gil, E. 2020.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1 Presión

3.1.1 Hidrología - Indicador De Cantidad De Agua (H 1)

Utilizando los datos tabulados, se obtuvo la lluvia diaria para diferentes años, al sumar la lluvia proveniente de un año se tiene la tabla de datos de lluvia acumulados la cual nos ayuda a poder calcular la variación de la disponibilidad de agua per cápita en las cuencas de Xayá y Pixcayá para un periodo analizado (2008 a 2018), con relación al registro de lluvias anual a largo plazo (1980 a 2018). A continuación, se muestra la fórmula:

$$\Delta = \frac{Q_{2008-2018} - Q_{1980-2018}}{Q_{1980-2018}} * 100$$

Donde:

Δ es la variación de la disponibilidad de agua per cápita en el período

Q es el promedio del caudal disponible en los años indicados

Para el caso de la cuenca Xayá se utilizarán el 100% de los datos de la Estación Santa Cruz Balanyá:

$$\begin{aligned} Q_{2008-2018} &= \frac{1022.04mm}{1000mm} m * 357348300 m^2 \\ &= 365,224,256.5 \frac{m^3}{año} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Q_{1980-2018} &= \frac{971.86mm}{1000mm} m * 357348300 m^2 \\ &= 347,292,518.8 \frac{m^3}{año} \end{aligned}$$

$$\Delta = 5.16\%$$

La puntuación en la variación de la disponibilidad de agua *per cápita* en la cuenca Xayá es de 0.75, indicando que la capacidad anual es mayor en los últimos años (entre 2008 a 2018) aumentando, consecuentemente, la capacidad de abastecer de agua a la población.

Para el caso de la cuenca Pixcayá se utilizará el 50% de los datos de la Estación Santa Cruz Balanyá y 50% de la Estación San Martín Jilotepeque: Estación Santa Cruz Balanyá:

$$\begin{aligned} Q_{2008-2018} &= \frac{1022.04mm}{1000mm} m * 357348300 m^2 * 0.5 \\ &= 182,612,118.2 \frac{m^3}{año} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Q_{1980-2018} &= \frac{971.86mm}{1000mm} m * 357348300 m^2 * 0.5 \\ &= 173,646,259.4 \frac{m^3}{año} \end{aligned}$$

Estación San Martín Jilotepeque:

$$\begin{aligned} Q_{2008-2018} &= \frac{1282.34mm}{1000mm} m * 357348300 m^2 * 0.5 \\ &= 229,121,009.5 \frac{m^3}{año} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Q_{1980-2018} &= \frac{1325.29mm}{1000mm} m * 357348300 m^2 * 0.5 \\ &= 236,795,064.2 \frac{m^3}{año} \end{aligned}$$

Cálculo

$$\begin{aligned} Q_{2008-2018} \text{ Total} &= 182,612,118.2 + 229,121,009.5 \\ &= 411,733,127.7 \frac{m^3}{año} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Q_{1980-2018} \text{ Total} &= 173,646,259.4 + 236,795,064.2 \\ &= 410441,323.6 \frac{m^3}{año} \end{aligned}$$

$$\Delta = 0.3147\%$$

La puntuación en la variación de la disponibilidad de agua *per cápita* en la cuenca Pixcayá es de 0.75, indicando que la capacidad anual es mayor en los últimos años (entre 2008 a 2018) aumentando, consecuentemente, la capacidad de abastecer de agua a la población.

Los datos de lluvia fueron utilizados para este análisis debido a que se carece de datos de caudales registrados en diferentes puntos en la subcuenca y datos de dotación a los habitantes de las diferentes áreas de los municipios analizados.

3.1.2 Hidrología -Indicador de Calidad de Agua (H2)

Se carecen de datos de esta naturaleza en los cinco municipios. Actualmente las Plantas de Tratamiento de aguas residuales están operando con débil administración, operación y mantenimiento. Por el criterio experto se le asigna un valor de 0.5

3.1.3 Ambiente -E-

Describe la presión ejercida sobre el ambiente por las actividades humanas. El 32.27 % del total de hectáreas cuentan con un “USO APROPIADO” y el restante está siendo "sobre utilizadas". En función de lo anterior, la puntuación es de 0.25.

3.1.4 Indicador de Vida -L-

Emplea como indicador, la variación del índice del ingreso *per cápita* en el período de estudio para las poblaciones seleccionadas. Para calcular el indicador se utilizó la siguiente fórmula:

Donde:

$$\Delta = \left\{ (0.589 - 0.609) / 0.609 \right\} * 100 = -3.28$$

Ii1 = Índice de Ingresos período anterior²

Ii2 = Índice de Ingresos período bajo evaluación

Δ = Porcentaje de Cambio.

Al introducir las variables en la fórmula dio como resultado -3.28 %, lo que de acuerdo con la tabla de aplicación del WSI, significa que el puntaje es de 0.5, equivalente a un avance medio en el período estudiado.

3.1.5 Indicador de Políticas -P-

Para calcular el indicador se utiliza la siguiente fórmula:

Donde:

$$\Delta = \left\{ (0.472 - 0.432) / 0.432 \right\} * 100 = 9.25$$

IC1 = Índice de Conocimiento período anterior

IC2 = Índice de Conocimiento período bajo evaluación

Δ = Porcentaje de Cambio.

Al introducir las variables en la fórmula dio como resultado 9.25 %, lo que de acuerdo con la tabla de aplicación del WSI, significa que el puntaje es de 0.75, equivalente a excelente.

² Como parte de la comparación de IDH de dos períodos.

3.2 Estado

3.2.1 Hidrología - Indicador De Cantidad De Agua (H 1)

La disponibilidad de agua (W_a) corresponde a la división entre el promedio histórico del agua disponible o escurrentía neta y la población existente de las cuencas.

Para calcular el indicador se utiliza la siguiente formula:

Donde:

$$\Delta = \left\{ (347,292,518.8 + 410,441,323.6) / 89,052 \right\}$$
$$\Delta = \left\{ (757,733,842.4) / 89,052 \right\} = 8,508.9 \text{ m}^3/\text{Habitante}$$

Al introducir las variables en la fórmula dio como resultado 8,508.9, lo que de acuerdo con la tabla de aplicación del WSI, significa que el puntaje es de 1.00, equivalente a un avance excelente en el período estudiado.

3.2.2 Hidrología -Indicador de Calidad de Agua (H2)

El parámetro utilizado como indicador para calidad de agua fue la Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5). Los registros para el periodo de análisis (10 años) debieran corresponder al promedio de las estaciones sin embargo es escasa dicha información para las áreas de las cuencas. Por el criterio experto se le asigna un valor de 0.25 dada la disfuncionalidad de las PTAR.

3.2.3 Ambiente -E-

Se refieren a la calidad del ambiente, así como a la cantidad y estado de los recursos naturales existentes dentro de la cuenca. Este parámetro hace referencia al porcentaje de vegetación natural remanente en la cuenca (A_v).

Para calcular el indicador se utiliza la siguiente fórmula:

Donde:

$$\Delta = \left\{ (194.91 \text{ Km}^2 / 491.17 \text{ Km}^2) \right\} * 100$$
$$\Delta = \left\{ (0.316 * 100) \right\} = 39.68\%$$

Al introducir las variables en la fórmula dio como resultado 39.68%, lo que de acuerdo con la tabla de aplicación del WSI, significa que el puntaje es de 0.75, equivalente a “bueno”.

3.2.4 Indicador de Vida -L-

El parámetro utilizado es el IDH ponderado por la población asentada en los territorios para cada comunidad en el período anterior. Del cálculo efectuado resultó un valor de 0.473 (Promedio entre IDH 2,011 y 2,014 $0.487+0.459$); De acuerdo con la tabla de puntaje corresponde a un valor de 0.00 que se clasifica como un valor bajo de calidad de vida.

3.2.5 Indicador de Políticas -P-

Refleja la efectividad de la capacidad legal e institucional, en el manejo de los recursos del agua, a través de la evaluación de la existencia del marco legal, de la existencia del marco institucional, y del manejo de la participación.

Para calcular el indicador se utiliza la siguiente fórmula:

Donde:

$$CI = \left\{ (L + I + P / 3) \right\}$$

Donde:

CI = Capacidad Institucional

L = Nivel de efectividad del marco legal

I = Nivel de efectividad del marco institucional

P = Nivel del involucramiento de la comunidad en los temas relacionados con el manejo de los recursos hídricos.

Con el criterio experto y en base a los parámetros siguientes: Marco Legal (L), Marco Institucional (I) y Manejo de la participación (P) en base a consulta multidisciplinaria se asignaron las siguientes valoraciones: a) Marco Legal: Media: 0.50. b) Marco Institucional: Media, 0.5 y c) Manejo de la participación: Media, 0.5. Promedio: 0.5.

3.3 Respuesta

3.3.1 Hidrología - Indicador De Cantidad De Agua (H 1)

Mide la optimización en la gestión del agua para consumo humano, riego y otros usos. La evolución o mejoras en el período ha sido “Regular”, ya que entre los indicadores de bajo alcance está el estado actual sobre la capacidad de uso del suelo que es bajo y que por ende contribuye al deterioro de la calidad de las zonas de recarga hídrica. El puntaje correspondiente a un nivel o valor de “Regular” es 0.5.

3.3.2 Hidrología -Indicador de Calidad de Agua (H2)

El indicador de respuesta (acciones que se han estado realizando en las cuencas en materia de tratamiento y disposición de aguas servidas en los últimos 5 años, relativo al periodo de largo plazo) se estimó sobre la base de una revisión de la normativa y cumplimiento de la misma en las cuencas respectivas, cuatro de cinco municipios están implementando obras de infraestructura relacionados con evitar la contaminación ambiental sin embargo a pesar de estar construida no tiene la correcta administración, operación y mantenimiento. El valor es de 0.25, correspondiente a “Pobre”.

1.3.3 Ambiente –E-

Los cinco municipios cuentan, a nivel municipal, con Direcciones Municipales de Planificación en apoyo a proyectos relacionados con agua y saneamiento sin embargo de manera incipiente únicamente Tecpán Guatemala ha creado recientemente su Oficina de Agua, basado en la tabla de Instrumentos para la GIRH en cuencas estratégicas el valor asignado a la respuesta de la sociedad en el tema ambiente es de “Media” con una puntuación de 0.5.

3.3.4 Indicador de Vida -L-

El valor obtenido del indicador de respuesta para este subíndice fue de 0.028 y está dentro del rango de 0 a 10 cuya puntuación es de 0.5. Se refiere básicamente a la variación positiva en el IDH en la cuenca en el período de estudio.

3.3.5 Indicador de Políticas -P-

Este indicador se refiere a la evolución en la inversión en el manejo integrado de los recursos del agua, a través del cual se refleja la respuesta

de los actores y de los tomadores de decisiones para tomar acción en los problemas de los recursos hídricos.

Para calcular el indicador se utiliza la siguiente fórmula:

Donde:

$$\Delta = \left\{ (G2 - G1 / G1) * 100 \right\}$$

Δ = Porcentaje de Cambio

G1 = Inversión monetaria en la cuenca en el periodo anterior

G2 = Inversión monetaria en la cuenca en el periodo actual.

Para afirmar que se invierte en gestión integrada de recursos hídricos implica invertir en educación ambiental, en normativa, en difusión e institucionalización de los diversos usos del agua, así como el saneamiento incluyendo la gestión integral de residuos y desechos sólidos. El valor asignado con base a la tabla es de 0.25.

3.4. El índice de sostenibilidad hídrica de las Cuencas Xayá y Pixcayá

El índice de sostenibilidad hídrica de las Cuencas Xayá y Pixcayá basada en la evaluación de los indicadores tiene un valor de 48 puntos (0.48) apoyando débilmente el alcance de una Gestión Integrada de Recursos Hídricos, como puede observarse en el Cuadro 1.

Cuadro 1: Aplicación del WSI³ en las cuencas Xayá y Pixcayá.

| Indicador | Presión <i>Puntaje</i> | Estado <i>Puntaje</i> | Respuesta <i>Puntaje</i> | WSI |
|-----------|---------------------------|--------------------------|-----------------------------|------|
| Hidro - Q | 0.75 | 1.00 | 0.50 | 0.75 |
| Hidro - C | 0.50 | 0.25 | 0.25 | 0.33 |
| Ambiente | 0.25 | 0.75 | 0.50 | 0.50 |
| Vida | 0.50 | 0.00 | 0.50 | 0.33 |
| Políticas | 0.75 | 0.5 | 0.25 | 0.50 |
| Resultado | 0.53 | 0.47 | 0.41 | 0.48 |

Fuente: Elaboración propia

³ WSI: Índice de Sostenibilidad de Cuenca

4. CONCLUSIONES

Para cuencas con mayor desarrollo, regularmente se dispone de información y dada la importancia estratégica de las mismas se planifican actividades en respaldo de su conservación, usos integrados del recurso hídrico y la correcta y sólida administración, operación y mantenimiento de los sistemas multifinalitarios del agua. Para la presente investigación no se disponen de datos de calidad de agua por varias razones, el Reglamento de las descargas y reuso de aguas residuales y de la disposición de lodos, ACUERDO GUBERNATIVO No. 236-2006, que mandata el tratamiento y vigilancia de las aguas residuales se ha venido posponiendo en más de tres ocasiones de parte de las autoridades municipales con el respaldo del gobierno central y del ministerio de ambiente y recursos naturales.

Los valores menores obtenidos en la construcción del índice de sostenibilidad de la cuenca están justamente vinculados con temas de calidad de agua, así como con temas relacionados con la evolución del índice de desarrollo humano, sin embargo, la parte de organización social, así como la construcción de normativas propias para la gestión de los territorios también favorecieron la baja consecución de resultados que pudieran incrementar el valor del índice.

El valor del indicador ambiental que ejerce mayor presión en la cuenca es el referido a uso apropiado del suelo correspondiente a 0.25, en escala distinta se encuentra el indicador de variación en la disponibilidad de agua 0.75; en segunda instancia está el indicador social relacionado con los ingresos per cápita (0.5), dichos indicadores se correlacionan ya que al no contar con recursos la población hace mayor presión en los recursos naturales.

El valor de indicadores clave que abonan a la integridad ecológica y el alcance de las aspiraciones humanas en la cuenca de los ríos Xayá y Pixcayá son los referidos a indicadores de cantidad de agua (1.00), cobertura forestal (0.75) e indicadores relacionados con el marco legal, institucional y manejo de la participación (0.5), tales indicadores son el soporte de la sostenibilidad en la cuenca.

El valor de los indicadores de RESPUESTA menos valorados se refiere a la calidad del agua, así como a las inversiones para la Gestión Integrada de recursos hídricos, ambos tienen (0.25) catalogándose como pobres.

5. REFERENCIAS

1. UNESCO, 2008. Evaluación preliminar de la aplicación y cálculo del índice de sostenibilidad de cuencas en la cuenca hidrográfica del Canal de Panamá. Documentos técnicos del PHI LAC.
2. “Agua y medio Ambiente, hidrología, Modelación” Año 2009. Curso del 12 al 15 de mayo, Conferencia iberoamericana de directores de Agua, CODIA.
3. Metodología para la determinación de caudales en América Latina, Año 2017. Red Latinoamericana de Centros de Conocimiento de Gestión de Recursos hídricos –RALCEA- 52 p.
4. Chávez, E. 2008 Evaluación Preliminar de la aplicación y cálculo del índice de sostenibilidad de Cuenca -PHI – UNESCO.
5. Mux Caná, V. L.; Tomás López, J. M; Hernández Gil, S. E. 2020. Determinación del índice de sostenibilidad de las cuencas Xayá y Pixcayá en el departamento de Chimaltenango. <https://digi.usac.edu.gt/bvirtual/informes/cultura/INF-2020-10.pdf>

6. AGRADECIMIENTOS

Esta investigación fue cofinanciada por la Dirección General de Investigación -DIGI- de la Universidad de San Carlos de Guatemala a través de la Partida Presupuestaria **4.8.54.0.10** durante el año 2020 en el Programa Universitario de Investigación de Cultura, Pensamiento e Identidad de la Sociedad Guatemalteca. Investigación realizada con el respaldo de la carrera de Agronomía del Centro Universitario de Chimaltenango -CUNDECH- USAC.