

## ID-049: EVALUACIÓN INTEGRAL DEL ESTADO ECOLÓGICO DEL ECOSISTEMA FLUVIAL EN ZONAS TROPICALES | ESTUDIO DE CASO MICROCUENCA EL TABLÓN, CHIAPAS, MÉXICO.

Enya Roseli ENRIQUEZ-BRAMBILA<sup>a</sup>; Claudia Irene, ORTIZ-ARRONA<sup>b</sup>; Alejandro IMBACH<sup>c</sup>; Laura BENEGAS<sup>d</sup>; Anna Cecilia CHÁVES QUIROS<sup>e</sup>

<sup>a</sup> Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza, Costa Rica, [enya.enriquez@catie.ac.cr](mailto:enya.enriquez@catie.ac.cr)

<sup>b</sup> Centro Universitario de la Costa Sur, Universidad de Guadalajara, email: [cortiz@cucsur.udg.mx](mailto:cortiz@cucsur.udg.mx)

<sup>c</sup> Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza CATIE, Costa Rica, [alejandro.imbach@catie.ac.cr](mailto:alejandro.imbach@catie.ac.cr)

<sup>d</sup> Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza CATIE, Costa Rica, [laura.benegas@catie.ac.cr](mailto:laura.benegas@catie.ac.cr)

<sup>e</sup> Instituto Costarricense de Electricidad ICE, Costa Rica, [annychaves@ice.co.cr](mailto:annychaves@ice.co.cr)

### RESUMEN

En el presente trabajo se presentan los resultados de la validación de la propuesta metodológica desarrollada por Enriquez-Brambila, 2018 para evaluar el estado ecológico del ecosistema fluvial en la microcuenca El Tablón, ubicada en la reserva natural La Sepultura en Chiapas, México.

La evaluación del ecosistema fluvial está representada por PC&I (principios, criterios e indicadores), evalúa el estado ecológico de diversos componentes del ecosistema fluvial por medio de escalas de desempeño y valores (Excelente 5, Bueno 4, Aceptable 3, Regular 2, Malo 1) de 3 componentes principales: cauce, corriente y ribera, 16 atributos y 51 indicadores de desempeño. Para la evaluación a diversas escalas se agrupan los valores de cada elemento del ecosistema según la escala de interés. En la agrupación se utiliza *la moda* de los valores, este describe de manera general el estado ecológico y para identificar los estados ecológicos más afectados se utiliza el valor menor registrado según *el principio de precaución*.

En la microcuenca El Tablón, Chiapas, México, se evaluó el río principal, mide 40 km aprox. de longitud. Se evaluó el estado ecológico del ecosistema fluvial a través de 14 transectos de 250 metros, dichos transectos fueron ubicados entre la zona alta, media y baja del río principal, donde en cada zona se ubicó un transecto de referencia “R” (se espera que presente los valores más altos del estado ecológico) y el resto repartidos según los asentamientos humanos presentes, la longitud del cauce y el interés del evaluador.

Como resultado a escala del ecosistema fluvial de la cuenca, el estado ecológico general registrado fue con el valor “3 = Aceptable” : *mantiene ciertas características de su estructura, y aún es capaz de brindar servicios, pero está siendo afectada por impactos antrópicos*. En el caso del principio de precaución valor “1=Malo” nos detalla que los atributos severamente afectados y que se necesitan priorizar en un futuro proyecto de restauración del ecosistema fluvial: extracción de materiales pétreos en cauce, vertimientos residuales no tratados en la corriente y la pérdida de cobertura arbórea por cambio de uso de suelo a ganadería y agricultura en la ribera.

**Palabras clave:** ecosistema fluvial, estado ecológico, zona tropical, evaluación integral, propuestas de manejo

### 1 INTRODUCCIÓN

En una sociedad compleja como la actual, garantizar el acceso universal a recursos y servicios de calidad, minimizando el impacto ecológico sobre los ecosistemas acuáticos, constituye un reto de gran envergadura entre el desarrollo y la estabilidad ecológica a largo plazo (Bucher *et al.* 1997; Arrojo 2015; la Calle 2015).

Los ecosistemas fluviales son un complejo mecanismo hidrológico y geomorfológico de conducción superficial de las aguas continentales, acompañados de los materiales que transportan y los elementos circundantes en su paso por el territorio (Vannote *et al.* 1980; Bucher *et al.* 1997; Schumm 1997 citado por Vidal-Albarca *et al.* 2015). Los ecosistemas fluviales se componen principalmente por la interacción y dinámica entre el flujo de agua, el cauce y las riberas de un río (Postel y Richter 2010; García de Jalón y González del Tánago 2011).

Los ecosistemas fluviales se consideran como uno de los de mayor importancia debido a la diversidad de servicios que se obtienen de ellos para el desarrollo y bienestar de las comunidades específicamente el agua y la conectividad del paisaje de la red hídrica a través del territorio (Arrojo 2015; la Calle 2015). Además, son ecosistemas que sufren una fuerte presión antrópica por las actividades urbanas, industriales, agrícolas y/o mineras (Bucher *et al* 1997; Mendoza *et al.* 2014).

En México se reconoce que los ecosistemas fluviales han sido afectados por la sobreexplotación de recursos y casi todos los ríos muestran algún tipo de deterioro y su desvalorización (al verlos solo como un canal para desechos, y culpables de las inundaciones y/o desastres naturales) (Bucher *et al* 1997; Mendoza C. *et al.* 2014; Arrojo 2015), a pesar de que en la historia las grandes civilizaciones fueron nutridas y desarrolladas cerca a grandes ríos y cuerpos de agua. “Los efectos más visibles de la alteración de la salud de los ecosistemas acuáticos son la pérdida de la calidad del agua, la belleza escénica y la biodiversidad” (CONAGUA, 1992).

En México, para la protección de este tipo de ecosistemas se cuenta con la Ley Nacional de Agua (LAN), específicamente la Norma Mexicana NMX-AA-159-SCFI-2012 que se encarga de evaluar el caudal ecológico como herramienta de toma de decisiones para el manejo adecuado del recurso hídrico y el ecosistema que lo resguarda. La evaluación del estado ecológico de los ríos mexicanos ha sido limitada (Mendoza *et al.* 2014, Ortiz-Arrona 2015, un ejemplo con son los índices de peces y macroinvertebrados ), por lo que existe una necesidad de generar herramientas metodológicas integrales.

Es así, como resaltamos la importancia de generar y aplicar metodologías de evaluación integrales de los ecosistemas fluviales para reconocer su estado ecológico e impactos que los afectan. La evaluación del estado ecológico de los ecosistemas permite identificar características naturales y factores de cambio que afectan su dinámica e integridad (Martínez 2015). Evaluar los ecosistemas nos brindará una idea general de cuan degradados o conservados se encuentran y con ello tomar decisiones adecuadas para su manejo, así como prever afectaciones por impactos humanos (Arrojo 2015; Martínez Fernández 2015).

Bajo este contexto, el objetivo general fue implementar la metodología de Evaluación Integral del Estado Ecológico de Ecosistemas Fluviales propuesta por Enriquez-Brambila (2018), para reconocer qué, cuánto y dónde están las causas de degradación de los elementos de estructura y funcionamiento del ecosistema fluvial, así como identificar su estado ecológico (Excelente a Malo) a diversas escalas y con ello focalizar actividades de manejo necesarias para la restauración y/o conservación del río. Esta metodología tiene como base un conjunto de herramientas e indicadores de evaluación para las condiciones hidrológicas, morfológicas del cauce y la salud de las riberas, desarrolladas y aplicadas por diversos autores que formaron la base de la metodología de Enriquez-Brambila 2018: SVAP2 (*Stream Visual Assessment Protocol*) Bjorkland *et al* 2009; MQI (Índice y guía para la evaluación de las condiciones morfológicas del cauce) Rinaldi *et al* 2013; IHG (Índice hidromorfológico) Ollero *et al.* 2009; SHS (Stream Habitat Surver) programa de monitoreo Georgia 2006; EVQ (Protocolo de evaluación visual de Quebradas) Rodríguez-Ortiz y Ramirez 2014; BMWPCR (Bioindicadores de calidad de agua con macroinvertebrados) Vásquez *et al* 2010; RQI (Índice de Calidad de riberas) Gonzalez del Tanago y Jarcía de Jalón 2011; QBR (Índice de calidad del hábitat ripario) Munné *et al.* 2002; RARC (Rapid Appraisal of Riparian Condition) Janse *et al.* 2005; ARA (Active River Area) Smith *et al.* 2008.

El área de estudio donde se aplicó la metodología fue en el río principal de la microcuenca El Tablón, Chiapas, México. En esta zona se reconoce la importancia de este ecosistema ya que de él dependen actividades ganaderas y agrícolas del territorio, además de que esta microcuenca forma parte del área de influencia de la Reserva de la Biósfera La Sepultura (REBISE)

En el presente trabajo se exponen los resultados de la evaluación a diversas escalas y se muestran ejemplos del desarrollo y aplicación en campo de la propuesta metodológica de evaluación. Además se integran recomendaciones a partir de los resultados de la evaluación, para la toma de decisiones e implementación de acciones de manejo para el mantenimiento y/o restauración del buen estado ecológico del ecosistema fluvial.

## 2 MATERIALES Y MÉTODOS

### Área de estudio

La microcuenca El Tablón se encuentra dentro de la influencia del Área Natural Protegida La Sepultura, en la zona de la Sierra Madre de Chiapas, municipio de Villaflores, Chiapas, México (Zamora y Ureña 2015). En la figura 1 se visualizan características de la delimitación, uso de suelo y vegetación.

La microcuenca tiene una superficie de 40 146 ha, un perímetro de 97.5 km, , rango altitudinal entre 568 hasta los 2486 msnm, forma parte de la Región Hidrológica RH 30 (Arellano *et al* 2002), se caracteriza por su abrupta topografía, predominan las laderas con pendiente fuerte (REBISE, s.f. citado por Zamora y Ureña 2015).

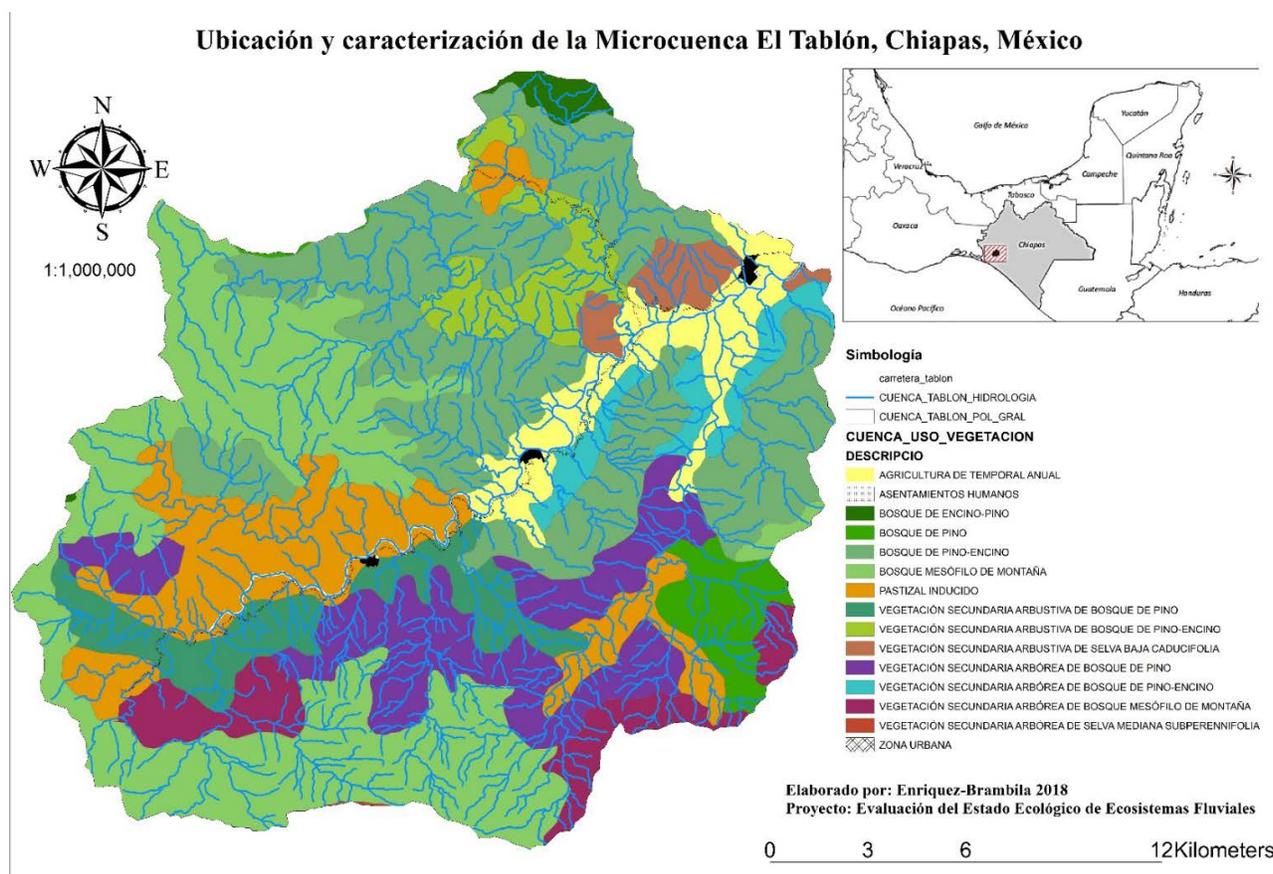


Figura 1. Mapa de ubicación y caracterización de la microcuenca El Tablón, Chiapas México

### Caracterización del ecosistema fluvial de la microcuenca del río El Tablón

La red hídrica delimitada según la microcuenca El Tablón cuenta con seis órdenes según el método de Strahler. Después del área de influencia de la REBISE, el río El Tablón continúa su curso hasta desembocar en los ríos San Lucas y Capulín para formar parte del río Suchiapa.

El cauce principal se identificó a partir de las características del relieve de la microcuenca antes mencionada y la consulta con el director del Área Natural Protegida, Alexser Vazquez Vazquez, en el 2018. Con él se identificó la factibilidad de acceso al cauce en la microcuenca, así como su interés y experiencia como manejador del territorio; según su conocimiento el cauce seleccionado tiene influencia de diversas comunidades y sectores productivos lo cual es de interés para reconocer cómo estos afectan al ecosistema fluvial en las diversas zonas del cauce principal

a través del territorio. El cauce principal mide alrededor de 39 km de longitud y se identifican la zona alta, media y baja según sus características de relieve y ubicación en la microcuenca (figuras 2).

La identificación y delimitación de la zona alta, media y baja del cauce principal tienen las siguientes características: 1) Zona alta es el curso superior en el territorio, ubicada en lo más alto del relieve, cauces angostos, conocidos como quebradas, cabeceras de la cuenca o ríos de montaña. En un mapa puede ubicarse en las zonas montañosas con altos rangos de altitud y pendiente, cercanos a las nacientes. 2) Zona media el curso comienza a zigzaguear y crecer en su perfil transversal, vierten en él los cursos de la zona alta manteniendo un cauce definido a través del territorio con valles diversos según se descienda. La altitud y pendiente muestran gran variabilidad lo cual dificulta su definición. 3) Zona baja se ubica en partes bajas del territorio, pendientes <1%, ubicación de desembocaduras a ríos más grandes, lagos o el mar, se identifican planicies, ampliación del perfil transversal y llanuras aluviales con valles abiertos (Rosgen 1994; Horacio y Ollero 2011) .

*Identificación de transectos de evaluación en el cauce principal*

A partir de la caracterización del cauce principal y sus zonas alta, media y baja, se identificaron 14 transectos de evaluación, cada uno con una longitud de 250 m requerido por la metodología de evaluación aplicado. La selección y ubicación de los transectos fue a partir de imágenes satelitales, mapa de ubicación del cauce principal, ubicación de asentamientos humanos, usos del suelo en las riberas y consulta de experto (Director del ANP)(Figura 3).

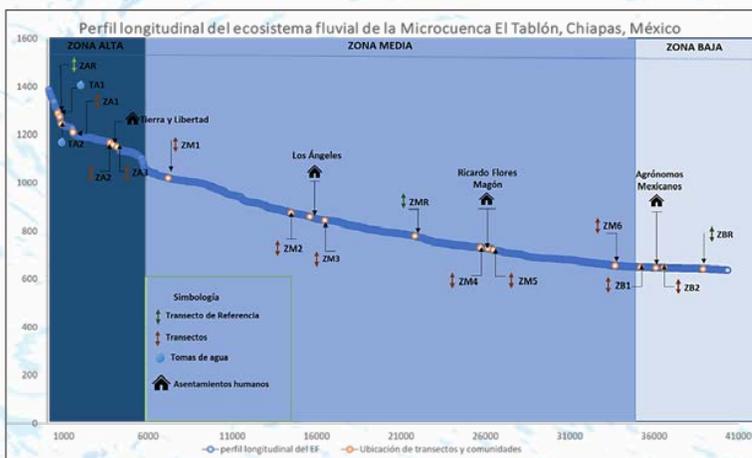


Figura 2. Perfil longitudinal del cauce principal del río El Tablón, Área Protegida La Sepultura, Chiapas, México

Figura 3. Ubicación de los transectos a evaluar en el cauce principal de la microcuenca El Tablón, ANP La Sepultura, Chiapas, México

En la zona alta se ubicaron cuatro transectos con los siguientes códigos según sus características y descenso del cauce: ZAR (referencia), ZA1 (uso de suelo por ganadería y agricultura), ZA2 y ZA3 (transectos antes y después de un asentamiento humano). En la zona media se identificaron siete transectos con los siguientes códigos según sus características y descenso del cauce: ZM1 (suelo con uso agrícola y ganadero), ZM2 y ZM3 (antes y después de un asentamiento humano), ZMR (zona media de referencia), ZM4 y ZM5 (antes y después de un asentamiento humano), ZM6 (fin de la zona media con uso ganadero y agrícola). En la zona baja se identificaron tres transectos con los siguientes códigos según sus características y descenso del cauce: ZB1 y ZB2 (antes y después de asentamiento humano) ZBR (zona de referencia) (figuras 2 y 3).

*Evaluación del ecosistema fluvial*

En cada transecto se emplearon los formatos de evaluación, hoja de campo y protocolos de aplicación de la metodología de evaluación del estado ecológico del ecosistema fluvial propuesto por Enriquez-Brambila (2018) que evalúa los componentes principales del ecosistema fluvial, organizados según la metodología de PC&I: principios, criterios e indicadores (Morán *et al.* 2014), visualizándose en la siguiente tabla 1:

ATRIBUTO		PRINCIPIO
I	Morfología en plano y transversal	CAUCE
II	Bancos de sedimentos en el cauce	
III	Conectividad longitudinal, transversal y vertical	
IV	Lecho del cauce (estructura y composición)	
V	Estabilidad de las orillas	
VI	Diversidad y configuración de la corriente	CORRIENTE
VII	Calidad de agua	
VIII	Eutrofización (enriquecimiento de nutrientes)	
IX	Cantidad de agua	
X	Régimen de inundaciones	
XI	Llanura de inundación y sustrato de la ribera (estructura y funcionalidad)	RIBERA
XII	Sustrato de la ribera (estructura y composición)	
XIII	Continuidad transversal de vegetación ribereña	
XIV	Continuidad longitudinal y cubierta de la ribera	
XV	Composición y estructura de la vegetación ribereña	
XVI	Diversidad de edades y regeneración natural en vegetación ribereña	

Tabla 1. Descripción de atributos por cada componente principal del ecosistema fluvial, detallándose 16 atributos que son evaluados para identificar su estado

#### Valores de escalas de desempeño

Para evaluar cada uno de los atributos con base a la información de los indicadores descritos en la metodología Enriquez-Brambila 2018, se utilizaron las siguientes escalas de desempeño: valores del 1 al 5 respectivamente. Donde Excelente = 5, Bueno = 4, Aceptable = 3, Regular = 2 y Malo = 1. El valor menor, representa el estado ecológico más degradado.

#### Método de agregación de los valores de evaluación de escalas de desempeño de indicadores y atributos

La agregación fue a través de métodos cualitativos: *moda* (valor con mayor repetición en un universo de números)<sup>15</sup> y *principio de precaución* (enfoque frente a la falta de certeza que consiste en tomar medidas para evitar daños medioambientales graves o irreversibles)<sup>16</sup>. El criterio de moda nos permite visualizar el estado general, mientras que el criterio de principio de precaución nos permite focalizar los elementos del ecosistema fluvial que se encuentran más afectados.

La agregación de los valores, se realizó a diversos niveles: atributos, componentes, transectos, zonas del ecosistema fluvial en el territorio y el ecosistema fluvial.

### 3 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Las siguientes figuras son ejemplo de algunos de los transectos evaluados: Transecto de referencia en zona alta (ZAR) y transecto 3 de zona alta (ZA3) uno de los más dañados (figura 4 a), esta comparación permite visualizar el cambio de los atributos representado por los valores de evaluación en los dos tipos de agregación, *moda* y *principio de precaución*, demostrando la sensibilidad de la herramienta ante un cambio de estructura o funcionamiento del ecosistema según los 16 atributos del ecosistema fluvial evaluados:

#### Transecto ZAR: Zona alta de referencia



Figura 4. Fotografía del transecto de referencia en microcuenca El Tablón.

Ubicado en la zona más alta del cauce principal, presencia de impactos antrópicos pasados, se encuentra protegido por ANP La Sepultura. Tiene un valle semiconfinado y cauce tipo A, se encuentra en zonas montañosas, es angosto y de poca profundidad. No se identifican impactos actuales, pero se observan rastros de uso de riberas por cafetales bajo sombra ahora abandonados, así como senderos utilizados en el pasado por la comunidad Tierra y Libertad. Actualmente es parte de un área de conservación para la captación de agua reconocida por la comunidad y el ANP.

<sup>15</sup> Alejandro Imbach. 25 abril 2018. MSc. Comunicación personal. Turrialba, Costa Rica.

<sup>16</sup> Cooney 2004; UNESCO 2005.

Todos los atributos del cauce se encuentran en excelente estado (figura 5) , a diferencia de la corriente, donde en el atributo de calidad de agua tiene una diferencia entre los resultados de la moda y el principio de precaución entre Bueno y Aceptable al igual que en el de régimen de inundaciones como Buen estado. Los atributos composición y estratos vegetación de la ribera se encuentran en Buen estado. Según el perfil transversal del transecto (Figura 6) se denota un transecto sin impactos significativos.

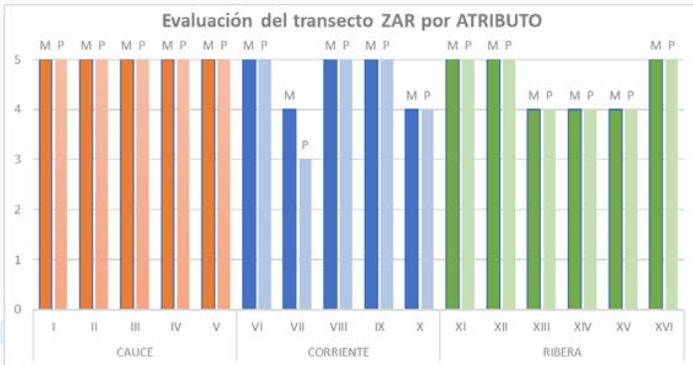


Figura 5. Gráfico de evaluación del transecto ZAR por atributo  
5= Excelente, 4=Bueno, 3= Aceptable, 2=Regular, 1=Malo.  
M= moda; P= principio de precaución.

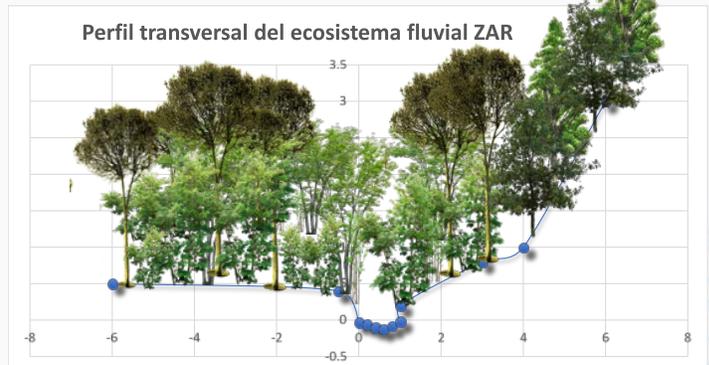


Figura 6. Perfil transversal de ZAR.  
Representando las características del cauce y escalas de las dimensiones entre el cauce-ribera.



Figura 7. Fotografía del Transecto ZA3

### Transecto ZA3: zona alta 3

Transecto ubicado en la zona alta del cauce principal. Entre 1136 y 1128 msnm. Cauce tipo A estrecho, poca sinuosidad y en relieve montañoso con valle semiconfinado. Los principales usos son: agrícola y urbano por la comunidad Tierra y Libertad (Figura 7).

Según se puede observar en la figura 8 en el cauce los atributos con mayor afectación son la conectividad (III); el lecho del cauce, debido a la ausencia de materia orgánica (IV); estabilidad de las orillas por la ausencia de vegetación y suelo expuesto a erosión (V). En la corriente se identifica que los atributos más afectados son los (VI) tipos de corriente pues según el principio de precaución no hay suficientes tipos de corriente para crear la diversidad de hábitats; (VII) calidad de agua disminuida según el indicador de macroinvertebrados y (VIII) eutroficación: por la alta presencia de plantas acuáticas. En la ribera los atributos (XI) llanura de inundación está en buen estado, solo las construcciones cercanas pueden ocasionar barrera en la dinámica de inundación; en cuánto a los atributos (XIII, XIV, XV, XVI), que representan la estructura y composición de la vegetación ribereña, están severamente afectados por el cambio de uso de suelo (Figura 9).



Figura 8. Evaluación del transecto ZA3 por atributo  
5= Excelente, 4=Bueno, 3= Aceptable, 2=Regular, 1=Malo.  
M= moda; P= principio de precaución.

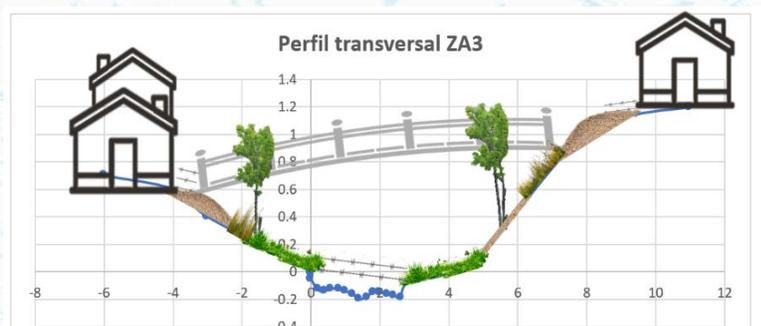


Figura 9. Perfil transversal de ZA3. Representando las características del cauce-ribera-actividades humanas.

La figura 10 representa el estado ecológico por cada transecto, resultado de la agregación de los valores de los atributos en cada uno. En el gráfico se observa que los transectos de referencia de cada zona son los que presentan el valor más alto según el criterio de moda; sin embargo, difieren del principio de precaución lo cual indica que a pesar de tener un estado general “Bueno” uno de sus elementos está siendo afectado por impactos antrópicos, por lo que no se encuentran en un estado “Excelente”.

Esta condición ó estado también fue reportada por Arrellano-Monterosas *et al.* (2002) quienes en su estudio indican que, ningún elemento del ecosistema fluvial se encuentra sin impactos antrópicos en la microcuenca El Tablón, lo que implica que no se reportan transectos prístinos o áreas naturales sin perturbación antrópica. Los atributos más afectados en el ecosistema fluvial y los impactos antrópicos que lo provocan son:

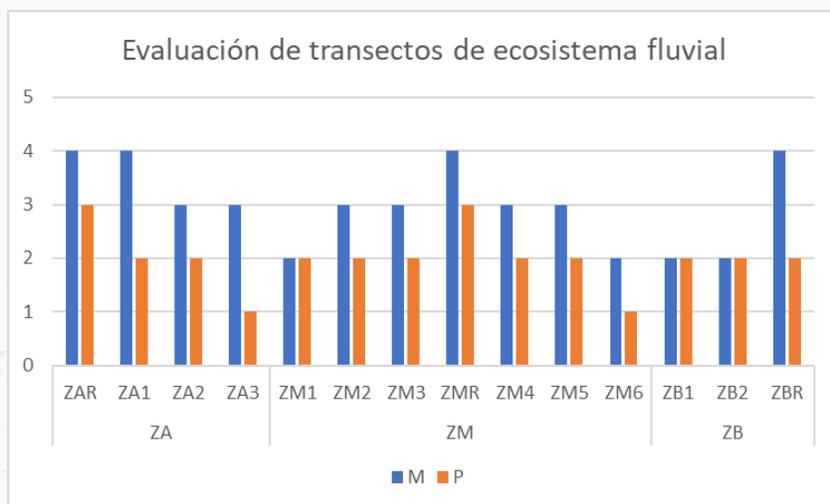


Figura 10. Evaluación de transectos por zona del cauce principal.  
 5= Excelente, 4=Bueno, 3= Aceptable, 2=Regular, 1=Malo.  
 M= moda; P= principio de precaución.

CAUCE: Atributo II bancos de sedimentos por la presencia no natural de sedimentos según el tipo de cauce, lo cual puede indicar una fuerte pérdida de suelo en zonas de ladera u orillas por la exposición sin cobertura vegetal del mismo (Ollero *et al.* 2009; Rinaldi *et al.* 2013); además de falta de vegetación cuando se presentan los bancos e impactos antrópicos de extracción pétreo para construcciones. Atributo V estabilidad de las orillas por la ausencia de vegetación que brinde soporte a este elemento (González del Tánago y García de Jalón 2011), expuesto a erosión o compactación por la corriente e impactos antrópicos provocados por el pisoteo de ganado, extracción de materiales pétreos y paso de vehículos.

Lo anterior lo corroboran Arrellano-Monterosas *et al.* (2002) quienes en el diagnóstico de la cuenca identificaron que en el área de influencia y aun en la zona de amortiguamiento de REBISE, “se reporta la extracción de materiales de construcción, principalmente arena y grava de los cauces de los principales ríos, así como materiales pétreos y de compactación para el mantenimiento de las principales carreteras. La actividad es económicamente poco significativa, pero sus efectos ambientales son de consideración, sobre todo en la extracción de roca, por lo que esta actividad deberá restringirse en el área de la Reserva y regularse en la zona de influencia”. La razón de las extracciones actuales es debida a la necesidad de materiales de construcción para las casas destruidas por el terremoto presenciado en la zona en 2017.

CORRIENTE: Atributo VII Calidad de agua muestran valores de calidad regular y mala, según los resultados de los bioindicadores. Además de la presencia de vertimientos grises y de carnicerías que pasan por las pendientes de las calles de las comunidades recogiendo los desechos de cada casa o negocio para finalmente verterse al río, así como la presencia de basura en la corriente por visitantes o basureros clandestinos, lo cual se le suma a los antecedentes de uso de agroquímicos en la zona para la producción agrícola (Arrellano-Monterosas *et al.* 2002), de lo cual no se tiene una medida, pero si un antecedente e informe.

RIBERA: Atributo XIII Continuidad transversal de vegetación ribereña, XIV Continuidad longitudinal y cubierta de la ribera, XV Composición y estructura, XVI Diversidad de edades y regeneración natural, características de la vegetación ribereña más afectadas, resultado de actividades talas e incendios para el cambio de uso de suelo para ganado, agricultura y casas-habitación. Además, la presencia de estas actividades y construcciones impiden la regeneración y recuperación de la ribera, lo cual provoca la exposición del suelo a ser erosionado o compactado por las mismas actividades (González del Tánago y García de Jalón 2011).

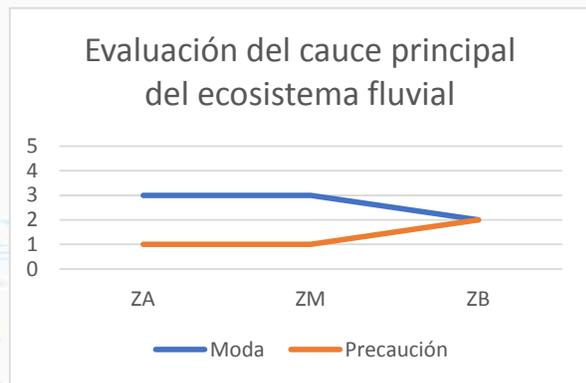


Figura 11. Evaluación por zonas del cauce principal de la microcuenca El Tablón

En la Figura 11 se observa que, en general, según la agregación por moda la zona alta y media del cauce principal se encuentra en un estado ecológico **Aceptable con valor 3**: la estructura e integridad ecológica del ecosistema fluvial tienen cambios notables en sus características naturales por la presencia de diversos impactos antrópicos y lo que puede afectar la provisión de algunos servicios ecosistémicos. A pesar de ello sigue teniendo una alta importancia ecológica pues aún se mantiene la estructura y funcionamiento de otros elementos. Se requieren medidas de restauración y que se eliminen o reduzcan los impactos antrópicos que los afectan tanto como sea posible (Enriquez-Brambila 2018).

Además, como se observa en la figura 11, el principio de precaución detalla que hay elementos que se encuentran con valores 1 indicando estados ecológicos **malos y en degradación**, lo cual significa, según el formato de evaluación (Enriquez-Brambila 2018), que la estructura e integridad ecológica se encuentran severamente alterados. La importancia ecológica es baja ya que el ecosistema sufre la pérdida de estructura y funcionamiento, afectando su capacidad de brindar servicios. Hay presencia abundante y severa afectación de impactos antrópicos en el ecosistema fluvial de interés. Se recomiendan medidas de rehabilitación o restauración para reintroducir o gradualmente mejorar la estructura y funciones bióticas, hidromorfológicas y ecológicas. Reducir las presiones y los impactos tanto como sea posible y trabajar con la percepción social sobre la degradación de su río.

Es importante detallar, que para focalizar las propuestas de manejo antes dichas, se debe identificar los “atributos” del ecosistema fluvial que presentan principios de precaución “1” y ubicarlos en la cuenca para priorizarlos.

Cabe mencionar que en la figura 11, también se observa que el estado ecológico disminuye según el río va descendiendo en el territorio, debido a la acumulación de impactos a medida que el cauce pasa por las diferentes poblaciones ó asentamientos humanos y usos de la microcuenca, que aportan basura a la corriente y su contaminación por vertimientos ya sean agroquímicos, industriales, urbanos o mineros.

A partir de los resultados y el análisis del estado ecológico del ecosistema fluvial se propone focalizar en la microcuenca El Tablón las siguientes prácticas, con el objetivo de aumentar el valor del estado ecológico de los atributos que se encuentran en estado de degradación (valor 1). La implementación de las prácticas recomendadas serán ubicadas según la zona (alta, media, baja) y el atributo de interés que presentó más daño:

1. Cauce y ribera: conservación de la cobertura arbórea actual, control y mitigación de tala, incendios, la extracción de materiales pétreos y paso de ganado; promoción de reforestación en orillas y riberas, fomentar producción sustentable como café bajo sombra y sistemas agroforestales.
2. Calidad de la corriente de agua: promocionar la educación ambiental del uso adecuado del agua en las comunidades; fortalecer esfuerzos de capacitación de uso de agroquímicos; promover el uso de control biológico para la disminución de uso de pesticidas; capacitación sobre el manejo de desechos de carnicerías y producción de queserías; fortalecer capacidades para el manejo de residuos sólidos y aguas residuales a través de filtros recicladores.

#### 4. CONCLUSIONES

1. Se reconoce la importancia del ecosistema fluvial en el mantenimiento de la estructura y funcionamiento de un paisaje, así como de la conectividad de servicios ambientales que representa para las cuencas.
2. También se reconoce la fuerte degradación por la presión humana que actualmente está sufriendo el ecosistema fluvial debido a la sobreexplotación, el cambio de uso de suelo y la posible desvalorización de sus servicios ambientales en las cuencas.
3. La metodología de evaluación del ecosistema fluvial utilizada, fue un esfuerzo de integración de diferentes metodologías, para generar experiencia y adecuaciones en la implementación de evaluaciones a ecosistemas fluviales para el manejo y gestión adecuada de las cuencas hidrográficas bajo características de zonas tropicales.
4. Los principales beneficios que brindó la metodología durante su implementación fueron:
  - a. Resultados que reflejan una evaluación integral: ya que toma en cuenta la variabilidad de elementos que conforman el ecosistema fluvial: (componentes principales: cauce, corriente y ribera; 16 atributos; 51 indicadores); las escalas del paisaje y las tres zonas del cauce.
  - b. Herramienta útil tanto para reportar estados ecológicos buenos o bien conservados, como de los elementos del ecosistema fluvial en proceso de degradación, lo que permitirá focalizar, ubicar y priorizar el tipo de manejo a implementar en el río.
  - c. Herramienta útil tanto para evaluar el estado actual, como monitorear la recuperación de los atributos del ecosistema fluvial según el tipo de manejo que se le esté implementando.
  - d. Los métodos y materiales de la metodología se encuentran accesibles para organizaciones y/o comunidades dedicadas o de interés en el manejo de recursos naturales en su territorio. Actualmente se está utilizando para el desarrollo de una tesis de licenciatura y proyectos de evaluación-monitoreo de ecosistemas fluviales en otras cuencas de REBISE.
5. A partir de la validación en campo se detectaron ajustes a la metodología, determinando una fase importante en la construcción de la metodología de evaluación del estado del ecosistema fluvial.
6. Cabe mencionar que esta metodología podría utilizarse también como un complemento en el marco legal del manejo y gestión del agua en cuencas hidrográficas como herramienta para la toma de decisiones, evaluación y monitoreo de los ecosistemas fluviales.

#### 5. AGRADECIMIENTOS

Gracias a Valeria Figueroa, Fernando Vallecillo, Josue Lazcano, Arturo Peña quienes apoyaron en la obtención de datos para la evaluación del ecosistema fluvial. Gracias a los que apoyaron la logística durante el trabajo en campo: Alejandro Hernández y Manuel Morales del equipo The Nature Conservancy Chiapas; a José Antonio coordinador del proyecto BIOPASOS Chiapas; al profesor Delmar Cancino de la UNICACH; al equipo de el ANP La Sepultura biólogo Alexser Vázquez, Luis Corzo, Fernando, Juvenal y Daniel. Así como, la escuela de posgrado del Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE).

#### 6. LITERATURA CITADA

- Arrojo A. 2015. Punto de partida: El reto de integrar valores y principios ecológicos, sociales y éticos. In Moral Ituarte, L; Agudo, P. A; & Grao, T. H. 2015. El agua: Perspectiva ecosistémica y gestión integrada. Zaragoza, España, Fundación Nueva Cultura del Agua.
- Arellano-Monterrosas, J. L; García, A. C; García-Castillo, M; Muñoz-Cervantes, E. G; Ruiz-Meza, L. E; Villanueva-López, G. 2002. Diagnóstico Regional de la Cuenca del Río El Tablón en la Reserva de la Biosfera de La Sepultura. Chiapas, México, Universidad Autónoma Chapingo. (Reporte de la práctica de campo.).
- Bucher, E; Castro, G; Floris, V. 1997. Conservación de ecosistemas de agua dulce: Hacia una estrategia de manejo integrado de recursos hídricos. Washington, EUA. Inter-American Development Bank.

- Bjorkland, R; Pringle, CM; Newton, B. 2009. A stream visual assessment protocol (SVAP) for riparian landowners. *Environmental Monitoring and Assessment* 68(2):99-125.
- Conagua (Comisión Nacional del Agua). 1992. Ley de Aguas Nacionales. Comisión Nacional del Agua. Diario Oficial de la Federación. 01 de diciembre de 1992. México [en línea]. Disponible en [http://www.normateca.gob.mx/Archivos/50\\_D\\_2773\\_19-08-2011.pdf](http://www.normateca.gob.mx/Archivos/50_D_2773_19-08-2011.pdf) 01/10/2012.
- Enriquez-Brambila, E.. 2018. Tesis de Maestría. Evaluación del estado ecológico del ecosistema fluvial en la zona intertropical americana. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE). Turrialba, Costa Rica.
- González del Tánago, M; García de Jalón, D. 2011. Riparian Quality Index (RQI): A methodology for characterising and assessing the environmental conditions of riparian zones. *Limnetica* 30(2):235-254.
- Horacio, J. Ollero, A.. 2011. Clasificación geomorfológica de cursos fluviales a partir de Sistemas de Información Geográficas. *Boletín de la Asociación de Geógrafos Españoles* 56:373-396. ISSN: 0212-9426.
- Jansen, A; Robertson, A; Thompson, L; Wilson, A. 2005. Development and application of a method for the rapid appraisal of riparian condition.
- la Calle, M. 2015. Nuevos enfoques institucionales en la gestión del agua: directiva marco de agua. In Moral Ituarte, L; Agudo, PA; Grao, TH (ed.). *El agua: Perspectiva ecosistémica y gestión integrada*. Zaragoza, España, Fundación Nueva Cultura Agua. 30 (4): 429 -436.
- Martínez Fernández. 2015. Metodologías y herramientas para la planificación y gestión integrada del agua. In Moral Ituarte, L; Agudo, PA; Grao, TH. 2015. *El agua: Perspectiva ecosistémica y gestión integrada*. Zaragoza, España, Fundación Nueva Cultura del Agua.
- Mendoza Cariño, M.; Quevedo-Nolasco, A.; Bravo Vinaja, A.; Flores Magdaleno, H.; de la Isla, D.; de Lourdes, M.; Zamora Morales, B. 2014. Estado ecológico de ríos y vegetación ribereña en el contexto de la nueva Ley General de Aguas de México. *Revista internacional de contaminación ambiental*, 30(4):429-436.
- Morán, M.; Campos A. JJ; Louman, B. 2014. Uso de Principios, Criterios e Indicadores para monitorear y evaluar las acciones y efectos de políticas en el manejo de los recursos naturales. Turrialba, Costa Rica, CATIE. (Serie Técnica. Informe Técnico no. 347).
- Munné, A; Prat, N; Sola, C; Bonada, N; Rieradevall, M. 2004. A simple field method for assessing the ecological quality of riparian habitat in rivers and streams: QBR index. *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems* 13(2):147-163.
- Norma Mexicana NMX-AA-159-SCFI-2012. 2012. Establece el procedimiento para la determinación del caudal ecológico en cuencas hidrológicas, Diario Oficial de la Federación, México.
- Ollero, A; Ballarín, D; Mora, D. 2009. Aplicación del índice hidrogeomorfológico IHG en la cuenca del Ebro. Guía metodológica. Zaragoza, España, Confederación Hidrográfica.
- Ortiz A., C.I. 2015. Caracterización y evaluación del estado ecológico de la vegetación ribereña en el río Ayuquila-Armería, en el occidente de México. Tesis Doctoral. Universidad de Alcalá. España. 192p.
- Postel, S; Richter B. 2010. Ríos para toda la vida. La gestión del agua para las personas y la naturaleza. México. INE/The Nature Conservancy. 284p.
- REBISE (Reserva de Biosfera La Sepultura). s. f. Plan Integral del Fuego La Sepultura. Disponible en línea: <http://www.camafu.org.mx/index.php/Casos/articulos/plan-demanejo-integral-del-fuego-la-sepultura-.html> Consultado el 11 abril del 2015. 63 p.
- Rinaldi, M; Surian, N; Comiti, F; Bussetini, M. 2013. A method for the assessment and analysis of the hydromorphological condition of Italian streams: The Morphological Quality Index (MQI). *Geomorphology* 180:96-108.
- Rodríguez-Ortiz, N M; Ramírez, AC. 2015. Adaptación del Protocolo de Evaluación Visual de Quebradas para Puerto Rico. Tesis Maestría en Ciencias Ambientales. Río Piedras, Puerto Rico, Universidad de Puerto Rico.
- Rosgen, DL. 1996. Applied river morphology. Ciudad, País, Wildland Hydrology.
- Ruiz-Picos, R. A; Kohlmann, B; Sedeño-Díaz, J. E; López-López, E. 2017. Assessing ecological impairments in Neotropical rivers of Mexico: calibration and validation of the Biomonitoring Working Party Index. *International Journal of Environmental Science and Technology* 14(9):1835-1852.
- Smith, M. P; Schiff, R; Olivero, A; MacBroom, J. 2008. The active river area: A conservation framework for protecting rivers and streams. Boston, United States of America, The Nature Conservancy
- SHS (Stream Habitat Survey). 2006. Programa de monitoreo voluntario de calidad de agua en Georgia “Adopta una corriente”. Disponible en <https://adoptastream.georgia.gov/documents/stream-habitat-survey-form>
- UNESCO (United Nations Educational, Scientific, and Cultural Organization). 2005. The precautionary principle. Paris, France. 52 p.
- Vannote, R; Minshall, G; Cummins, K; Sedell, J; Cushing, C. 1980. The river continuum concept *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 37(1):130-137.
- Vidal-Abarca Gutiérrez, MR; Salat Umbert, J; Ollero Ojeda, A. 2015. La gestión sostenible de ecosistemas acuáticos continentales, aguas costeras y de transición: Hábitats, biodiversidad y funciones hidrogeomorfológicas. In Moral

Ituarte, L; Agudo, PA; Grao, TH. 2015. El agua: Perspectiva ecosistémica y gestión integrada. Zaragoza, España, Fundación Nueva Cultura del Agua. Zaragoza. p. 120-184.

Zamora, A.; Ureña, O.. 2015. Estrategia Local Participativa de Adaptación al Cambio Climático de la sub-cuenca del río El Tablón, Municipio de Villaflores, Estado Chiapas, México., CATIE.