



**CENTRO AGRONÓMICO TROPICAL DE INVESTIGACIÓN Y  
ENSEÑANZA**

**DIVISIÓN DE EDUCACIÓN**

**PROGRAMA DE POSGRADO**

**Evaluación integral del estado ecológico de los ecosistemas fluviales  
en la zona intertropical americana**

**Tesis sometida a consideración de la División de Educación y el Programa  
de Posgrado como requisito para optar al grado de**

***MAGISTER SCIENTIAE***

**en Manejo y Gestión Integral de Cuencas Hidrográficas**

**Enya Roseli Enriquez Brambila**

**Turrialba, Costa Rica**

**2018**

Esta tesis ha sido aceptada en su presente forma por la División de Educación y la Escuela de Posgrado del CATIE y aprobada por el Comité Consejero de la estudiante, como requisito parcial para optar por el grado de

**MAGISTER SCIENTIAE EN MANEJO Y GESTIÓN INTEGRAL  
DE CUENCAS HIDROGRÁFICAS**

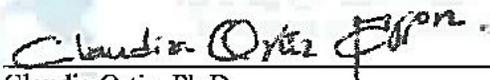
**FIRMANTES:**



Alejandro Imbach, M.Sc.  
Director de tesis



Laura Benegas, Ph.D.  
Miembro Comité Consejero



Claudia Ortiz, Ph.D.  
Miembro Comité Consejero



Ana C. Chaves, Lic.  
Miembro Comité Consejero



Isabel A. Gutiérrez-Montes, Ph.D.  
Decana Escuela de Posgrado



Enya Roseli Enriquez Brambila  
Candidata

## DEDICATORIA

Dedico cada letra y cada momento vivido de este proyecto de investigación a mi amada familia: padre, madre y hermana quienes son mi estrella y mi sol que acompañan mi camino.

A mis abuelos, quienes han dibujado maravillosas cosas en mi manera de ver la vida y me han acompañado a vivirla y lo seguirán haciendo por siempre desde mi corazón.

Lo dedico a todos aquellos que creyeron en mí, que creen en el poder y la necesidad del cambio en este mundo, a los que creen en la importancia de preservar nuestro entorno, nuestras venas que laten en la tierra como ríos y nos conectan después de kilómetros, a los que creen y trabajan por un mundo mejor y luchan contra injusticias hacia la sociedad, naturaleza e individual.

## AGRADECIMIENTOS

El presente texto resume el esfuerzo de todo un proyecto y aprendizajes que se desarrollaron a través de diversos procesos. Es un resumen porque detrás de este está cada experiencia, cada convivencia, cada aprendizaje, cada regaño, cada ilusión y desilusión, cada lágrima, cada sonrisa, cada tarde enmarañada de pensamientos y cada tarde de lucidez para escribir.

Todo esto no es de una sola persona. Las grandes cosas están acompañadas de grandes pilares, de fuertes redes que abrazan y protegen un proceso por el cual se coincide en trabajar.

Por eso agradezco profundamente el apoyo de todas las personas que hicieron posible no solo el proyecto de tesis, sino también el proceso de máster que brindó herramientas para desarrollar el proyecto. Gracias a las personas que desde mi lugar de origen apoyaron para que pudiera lograr vivir en otro país.

Gracias al CATIE, a la Escuela de Posgrado, a la Decana Isabel Gutierrez por creer en mí, al director Ibrahim y todo el grupo académico y personal que conocí. CATIE sí somos todos.

Gracias a mi director de tesis Alejandro Imbach, quien no solo me guio y creyó en este proyecto, sino también al guiarme como persona y aconsejarme; es una gran inspiración. A tres grandes mujeres que integran mi comité, Claudia Ortiz, Anny Chaves y Laura Benegasquienes son un claro ejemplo para mí y agradezco su acompañamiento y aportes tanto a la investigación como a mi formación profesional.

Gracias al equipo The Nature Conservancy a Alejandro Hernández y Manuel Morales, a José Antonio, al equipo del área natural protegida La Sepultura Alexser, Luis Corzo, Fernando, Juvenal, Daniel por el acompañamiento en este proyecto y mi estadía en campo.

Gracias al equipo de UNICACH y a Delmar por su apoyo. A Lazcano, Fernando, Maritza, Arturo, Juan, Grace y Lupita que me inspiraron, acompañaron y compartieron aprendizajes, aventuras y risas conmigo; con ustedes me llevo más que un trabajo en equipo, su amistad.

Gracias a mis amigos por creer en mí, mandarme y decirme frases de aliento para no desertar a pesar de todo lo que pasara. Gracias por ser y estar Juanma, Mafer, Gladys, Gener, Marce, Ana, Nico, Alejo, Abad 2, Hanna, Faby, Nata, Jaime, Meda, Gera, Dani, Erick, Abad 1, Lari, Ziza, Alexa, Nitze, Leslie.

Gracias a mi padre Héctor por su guía y platicas compartidas entre papá e hija que me hicieron crecer y mejorar. Gracias a mi madre Cristina por su amor y cariño que jamás me dejó caer aún en los días más difíciles. Gracias a mi hermana Bonnie quien siempre será mi inspiración pues su fortaleza, creatividad y madurez cada día me sorprenden y enseñan algo nuevo. Gracias a mis abuelos, tíos y primos Enríquez Brambila que siempre estuvieron presentes en cada paso del camino de mil millas que pensamos y queremos recorrer juntos.

Gracias al tiempo y espacio por ponerme justo en el momento que debí de estar, por el cosmos y el amor que se me brindó para continuar; aprendí que lo más importante es el presente; que el viaje es lo que importa, no el destino, y quien te acompaña en él te enseñará muchas cosas indistintamente si fue buena o un desafío como persona hacia contigo.

# CONTENIDO

DEDICATORIA .....	III
AGRADECIMIENTOS .....	IV
LISTADO DE CUADROS .....	VII
LISTADO DE FIGURAS .....	VIII
LISTADO DE ACRÓNIMOS .....	X
1. INTRODUCCIÓN .....	1
1.1 Antecedentes .....	2
1.2 Importancia y justificación .....	3
2. OBJETIVO GENERAL .....	4
3. OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	4
4. PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN .....	4
5. MARCO DE REFERENCIA .....	5
5.1 Zona intertropical de América.....	5
5.2 Cuenca hidrográfica .....	6
5.3 Ecosistema fluvial .....	6
5.4 Atributos del ecosistema fluvial (estructura y funcionamiento).....	7
5.5 Escalas del ecosistema fluvial .....	10
5.6 Configuraciones del ecosistema fluvial a través de la cuenca.....	11
5.7 Estado ecológico e integridad ecológica del ecosistema fluvial .....	13
5.8 Estado natural o pristino del ecosistema fluvial .....	13
5.9 Bienes y servicios de los ecosistemas fluviales.....	13
5.10 Presiones e impactos antropogénicos en el ecosistema fluvial .....	14
5.11 Evaluación del estado ecológico .....	15
5.12 Tipos de manejo adecuado para el ecosistema fluvial.....	16
6. LITERATURA CITADA.....	17
7.CAPÍTULO 1. Propuesta metodológica para la evaluación integral del estado ecológico de ecosistemas fluviales en la zona intertropical americana .....	20
RESUMEN.....	20
INTRODUCCIÓN .....	21
METODOLOGÍA .....	23
1. Revisión bibliográfica y consulta sobre componentes del ecosistema fluvial y metodologías reconocidas que los evalúan .....	23
2. Estructuración de principios, criterios e indicadores de los componentes del ecosistema fluvial .....	23

3. Construcción de formato de evaluación y hoja de campo del ecosistema fluvial .....	24
4. Elaboración de protocolos de aplicación de la metodología de evaluación .....	28
RESULTADOS.....	28
1. Análisis de metodologías de evaluación y/o caracterización del ecosistema fluvial .....	28
2. Esquema de PC&I para el ecosistema fluvial .....	31
3. Formato de evaluación del estado ecológico del ecosistema fluvial .....	33
4. Hoja de campo.....	51
5. Protocolos de aplicación de la propuesta metodológica de evaluación del ecosistema fluvial .....	56
DISCUSIÓN .....	62
CONCLUSIONES .....	65
LIERATURA CITADA .....	66
8. CAPÍTULO 2: Validación en campo de propuesta metodológica para la evaluación integral del estado ecológico del ecosistema fluvial en la microcuenca El Tablón, Chiapas, México .....	69
RESUMEN.....	69
INTRODUCCIÓN .....	69
METODOLOGÍA .....	71
RESULTADOS.....	78
1. Ejemplos de recolección de datos y evaluación del ecosistema fluvial .....	78
2. Ejemplo de llenado de matriz de evaluación con los datos del transecto ZM3 en la evaluación de los atributos de calidad y cantidad de agua del ecosistema fluvial de la microcuenca El Tablón, Área Protegida La Sepultura, Chiapas, México .....	82
3. Evaluación del ecosistema fluvial por transectos.....	84
4. Resumen del estado ecológico del ecosistema fluvial e impactos antrópicos.....	95
5. Propuestas de manejo a partir de la evaluación del ecosistema fluvial .....	98
CONCLUSIONES .....	101
LITERATURA CITADA.....	102
9. CONCLUSIONES GENERALES .....	104
10. RECOMENDACIONES .....	105
11. ANEXOS.....	106
ANEXO 1. Análisis de metodologías existentes sobre evaluación de ecosistemas fluviales .....	106
ANEXO 2. Matriz de evaluación de los atributos del estado ecológico del ecosistema fluvial de 14 transectos.....	123
ANEXO 3. Listado de especies arbóreas y arbustivas de riberas derechas e izquierdas de los transectos del ecosistema fluvial El Tablón .....	128

## LISTADO DE CUADROS

Cuadro 1. Escalas de desempeño de indicadores 1 y 2 del atributo morfología del cauce.....	33
Cuadro 2. Escalas de desempeño de indicadores 3, 4 y 5 del atributo bancos de sedimento del cauce en zona alta.....	34
Cuadro 3. Escalas de desempeño de indicadores 3, 4 y 5 del atributo bancos de sedimento del cauce en zona media.....	34
Cuadro 4. Escalas de desempeño de indicadores 3, 4 y 5 del atributo bancos de sedimento del cauce en zona baja.....	35
Cuadro 5. Escala desempeño de indicadores 6 y 7 del atributo conectividad longitudinal, transversal y vertical del cauce.....	36
Cuadro 6. Escala desempeño de indicadores 8, 9 y 10 del atributo lecho del cauce.....	37
Cuadro 7. Escala desempeño de indicadores 11, 12 y 13 del atributo estabilidad de las orillas del cauce.....	38
Cuadro 8. Escala desempeño de indicadores 14, 15 y 16 del atributo configuración de la corriente.....	39
Cuadro 9. Escala desempeño de indicadores 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23 y 24 del atributo calidad de agua.....	40
Cuadro 10. Escala desempeño de indicadores 25, 26, 27 y 28 del atributo eutrofización de la corriente.....	42
Cuadro 11. Escala desempeño de indicadores 29, 30, 31 del atributo cantidad de agua.....	43
Cuadro 12. Escala desempeño de indicadores 32 y 33 del atributo régimen de inundaciones.....	44
Cuadro 13. Escala desempeño de indicadores 34, 35 y 36 del atributo llanura de inundación de la ribera.....	45
Cuadro 14. Escala desempeño de indicadores 37, 38 y 39 del atributo sustrato de la ribera.....	46
Cuadro 15. Escala desempeño de indicadores 40 y 41 del atributo continuidad transversal de la vegetación ribereña.....	47
Cuadro 16. Escala desempeño de indicadores 42, 43 y 44 del atributo continuidad longitudinal de la veg. Ribereña.....	48
Cuadro 17. Escala desempeño de indicadores 45, 46, 47 y 48 del atributo estructura y composición de veg. Ribereña.....	49
Cuadro 18. Escala desempeño de indicadores 49, 50 y 51 del atributo diversidad de edades y regeneración de la ribera.....	50
Cuadro 19. Hoja de campo para el registro de usos del ecosistema fluvial.....	51
Cuadro 20. Hoja de campo para el registro de impactos antrópicos en el ecosistema fluvial.....	52
Cuadro 21. Hoja de campo para el registro de datos para el CAUCE.....	52
Cuadro 22. Hoja de campo para el registro de datos para la CORRIENTE.....	53
Cuadro 23. Hoja de campo para el registro de datos para la RIBERA.....	55
Cuadro 24. Listado de informantes clave de la microcuenca El Tablón.....	74
Cuadro 25. Rango de calidad por sensibilidad de familias de macroinvertebrados.....	75

## LISTADO DE FIGURAS

Figura 1. Tipos de cauce.....	8
Figura 2. Organización jerárquica de los ríos y sus componentes.....	11
Figura 3. Características de la red de drenaje en el territorio.....	12
Figura 4. Esquema Principios, Criterios e Indicadores.....	24
Figura 5. Análisis de metodologías de evaluación y/o caracterización de ecosistemas fluviales.....	30
Figura 6. Organización esquemática de los elementos de los ecosistemas fluviales según PCI.....	32
Figura 7. Ubicación de la microcuenca EL Tablón, Chiapas, México. Elaborado por: ProNatura Chiapas, TNC Chiapas, US, CONANP 2009.....	71
Figura 8. Ubicación de los transectos a evaluar en el cauce principal de la microcuenca .....	74
Figura 9. Perfil longitudinal del cauce principal de la microcuenca El Tablón. Elaboración propia.....	75
Figura 10. Descripción de atributos por cada componente principal del ecosistema fluvial.....	84
Figura 11. Transecto Zona Alta de Referencia.....	84
Figura 12. Gráfico de evaluación ZAR.....	84
Figura 13. Perfil transversal ZAR.....	84
Figura 14. Transecto ZA1.....	85
Figura 15. Gráfico de evaluación ZA1.....	85
Figura 16. Perfil transversal de ZA1.....	85
Figura 17. Transecto ZA2.....	85
Figura 18. Gráfico de evaluación ZA2.....	86
Figura 19. Perfil transversal de ZA2.....	86
Figura 20. Transecto ZA3.....	86
Figura 21. Gráfico de evaluación ZA3.....	87
Figura 22. Perfil transversal de ZA3.....	87
Figura 23. Transecto ZM1.....	87
Figura 24. Gráfico de evaluación ZM1.....	87
Figura 25. Perfil transversal de ZM1.....	87
Figura 26. Transecto ZM2.....	88
Figura 27. Gráfico de evaluación ZM2.....	88
Figura 28. Perfil transversal de ZM2.....	88
Figura 29. Transecto ZM3.....	88
Figura 30. Gráfico de evaluación ZM3.....	89
Figura 31. Perfil transversal de ZM3.....	89
Figura 32. Transecto ZMR.....	89
Figura 33. Gráfico de evaluación ZMR.....	89
Figura 34. Perfil transversal de ZMR.....	89
Figura 35. Transecto ZM4.....	90
Figura 36. Gráfico de evaluación ZM4.....	90
Figura 37. Perfil transversal de ZM4.....	90
Figura 38. Transecto ZM5.....	90
Figura 39. Gráfico de evaluación ZM5.....	91
Figura 40. Perfil transversal de ZM5.....	91
Figura 41. Transecto ZM6.....	91
Figura 42. Gráfico de evaluación ZM6.....	91
Figura 43. Perfil transversal de ZM6.....	91
Figura 44. Transecto ZB1.....	92
Figura 45. Gráfico de evaluación ZB1.....	92
Figura 46. Perfil transversal de ZB1.....	92
Figura 47. Transecto ZB2.....	92
Figura 48. Gráfico de evaluación ZB2.....	93

Figura 49. Perfil transversal de ZB2.....	93
Figura 50. Transecto ZBR.....	93
Figura 51. Gráfico de evaluación ZBR. ....	93
Figura 52. Perfil transversal de ZBR. ....	93
Figura 53. Evaluación de transectos por zona del cauce principal El Tablón.....	94
Figura 54. Evaluación de las zonas del cauce principal de la microcuenca El Tablón.....	95

## LISTADO DE ACRÓNIMOS

ANP: Área natural protegida  
ARA: Active river area  
BMWP: Biomonitoring Working Party Index  
CR: Costa Rica  
EE: Estado ecológico  
EM: Evaluación de Ecosistemas del Milenio  
EVQ: Evaluación Visual de Quebradas en Puerto Rico  
IE: Integridad ecológica  
IHG: Índice hidrogeomorfológico de sistemas fluviales  
IPCC: Panel Intergubernamental del Cambio Climático  
IVAM: Índice de vegetación acuática  
LAN: Ley Nacional de Agua  
MQI: Morphological quality index  
MX: México  
NMX: Norma mexicana  
PCI: Principios, criterios e indicadores  
PP: Principio de precaución  
QBR: Quality of riparian habitat  
RARC: Rapid appraisal of riparian condition  
REBISE: Reserva de la Biosfera La Sepultura  
RQI: Riparian quality index  
RRNN: Recursos Naturales  
SHS: Stream habitat survey  
SVAP 2: Stream Visual assessment protocol Version 2  
TECH: Tarjeta de evaluación de cuencas hidrográficas  
UNICACH: Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas  
WWF: World Wild Fundation  
ZA: Zona alta  
ZAR: Zona alta de referencia  
ZB: Zona baja  
ZBR: Zona baja de referencia  
ZIA: Zona Intertropical Americana  
ZM: Zona media  
ZMR: Zona media de referencia

## RESUMEN

En el presente trabajo se reconocen tanto la importancia de los ecosistemas fluviales en el desarrollo y mantenimiento de las sociedades humanas y de los procesos en el paisaje, como la situación de degradación que sufren actualmente sus componentes a través del territorio debido a diversos factores de cambio que propician la pérdida de su estructura y funcionalidad que afectan su capacidad de mantenimiento y aprovisionamiento de bienes y servicios.

Es por ello importante reconocer el estado ecológico en que se encuentran para identificar riesgos y/o su potencial de manejo. Este trabajo tiene como objetivo principal generar y validar una metodología de evaluación del estado ecológico de los ecosistemas fluviales en la zona intertropical americana a través del análisis de metodologías existentes, la identificación de componentes principales que integran este complejo sistema ecológico, la construcción de un esquema y formato metodológico para la identificación del estado ecológico del ecosistema fluvial y, finalmente, la validación de la propuesta metodológica en campo.

En el análisis de 17 metodologías de evaluación se identificaron algunas limitantes que se identifican como oportunidades de mejora para la propuesta metodológica, tales como: 1. Falta de diferenciación de cambios producidos por variaciones naturales y no por impactos antrópicos; 2. Falta de integración de todos los componentes y sus interacciones del ecosistema fluvial en el territorio; 3. Utilización de métodos cuantitativos como suma o resta con valores cualitativos para generar la agregación; 4. Desarrolladas en zonas templadas y falta de metodologías para zonas tropicales; 5. Falta de claridad en protocolos de evaluación para la aplicación del usuario.

A partir del análisis se identificaron los elementos del ecosistema fluvial en un esquema de (principios, criterios e indicadores (PC&I), logrando generar un formato de evaluación, hoja de campo y protocolos de aplicación capaces de evaluar el estado ecológico de los 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 (en el cauce: morfología, bancos de sedimentos, lecho, conectividad, estabilidad de las orillas; en la corriente: tipos, calidad, eutrofización, cantidad, régimen de inundaciones; y, en la ribera: llanura de inundación, sustrato, composición, estratos, regeneración y conectividad longitudinal de la vegetación ribereña con escalas de desempeño para 51 indicadores y agregación de los resultados por métodos cualitativos: criterios de moda (lo que permite la visión general del estado ecológico) y por principio de precaución (focaliza el componente más afectado), permitiendo evaluar el ecosistema fluvial a través de diversas escalas desde transectos del cauce principal en sus zonas alta, media y baja en una cuenca hidrográfica de interés, con características de los elementos del ecosistema fluvial pertenecientes a zonas tropicales.

Para la validación de esta metodología se aplicaron los protocolos de evaluación, así como los formatos y hoja de campo generados en la microcuenca El Tablón, Chiapas, México, específicamente en el río principal de su red hídrica con una longitud de 40 km aproximadamente. Se evaluó el estado ecológico del ecosistema fluvial por medio de 14

transectos de 250 metros ubicados entre la zona alta, media y baja del ecosistema fluvial donde en cada zona se ubicó un transecto de referencia “R” (donde 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. Se ubicaron cuatro tramos en la zona alta, siete en la zona media y tres en la zona baja.

Los resultados exponen que el ecosistema fluvial se encuentra en un estado ecológico general Aceptable (3), lo que significa que aún mantiene ciertas características de su estructura, y aún es capaz de brindar servicios; pero está siendo afectado por impactos antrópicos con riesgo a propiciar una degradación si no se maneja adecuadamente. En el caso del principio de precaución se identificaron elementos en estado ecológico Malo (1)” lo que detalla que existen atributos que están siendo severamente afectados y que es necesario identificar, por medio de la matriz de indicadores, cuáles deben ser restaurados y/o rehabilitados.

A través de los perfiles transversales, registros fotográficos y la evaluación en cada transecto se identificaron los principales impactos antrópicos que afectan el estado ecológico del ecosistema fluvial con el fin de focalizar esfuerzos en los impactos de extracción de materiales pétreos, pérdida de suelo y compactación en el CAUCE, los vertimientos residuales no tratados en la CORRIENTE, la pérdida de cobertura arbórea por el ganado y la agricultura en RIBERA.

A través de la validación en campo de la propuesta metodológica se identificaron los siguientes puntos: 1) Metodología sensible a los cambios del estado de los atributos del ecosistema fluvial según su estado de referencia y la magnitud, tipos y frecuencia de impactos observados en los recorridos de campo. 2) Metodología útil y accesible para manejadores de recursos naturales y comunidades interesadas en conocer el estado de sus ecosistemas fluviales y recuperarlos. 3) Los resultados obtenidos de la metodología, además de ser usados para el reconocimiento del estado general y crítico de los componentes del ecosistema fluvial, sirven para la toma de decisiones, documentar y monitorear los efectos de impactos antrópicos, actividades de conservación y/o restauración prioritaria. 4) Herramienta útil para conocer cuán vulnerable o cuanta capacidad de adaptación tiene el ecosistema fluvial ante el estado en que se encuentre la integridad ecológica de sus componentes. 5) El estado **aceptable** del ecosistema fluvial de la microcuenca El Tablón necesita de actividades de manejo sobre los atributos identificados con menor valor en las escalas de desempeño para poder aumentar el estado de su integridad ecológica. 6) Actividades direccionadas a la reforestación de riberas con cubierta arbórea de interés de ganaderos, agricultores y zonas urbanas para que ellos mismos los protejan, socialización de resultados y capacitación para el monitoreo de los ecosistemas fluviales garantizaran el éxito y la sostenibilidad del monitoreo. 7) La metodología es capaz de brindar información para focalizar actividades de manejo con base a las características y el estado del ecosistema fluvial, permitiendo la adaptación de las comunidades en base a su dinámica.

**Palabras clave:** ecosistema fluvial, evaluación, estado ecológico, cuencas hidrográficas.

## 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 en largo plazo (Bucher *et al.* 1997; Arrojo 2010 y 2015; la Calle 2015).

Los ecosistemas acuáticos forman parte de uno de los ecosistemas más importantes para el aprovisionamiento del agua, recurso vital para el ser humano, el cual sufre una gran crisis que es atribuida a la degradación de dichos ecosistemas (Arrojo 2010; Martínez Fernández 2015; Moral Ituarte *et al.* 2015).

Para disminuir esta problemática se proponen distintas medidas de manejo para la conservación y restauración de recursos naturales, incluidas normalmente en los enfoques de manejo y gestión tanto del territorio de las cuencas hidrográficas, como de los ecosistemas específicos de los cursos de agua que surcan las cuencas (Bucher *et al.* 1997; UICN 2000; Mendoza Cariño *et al.* 2014; Arrojo 2015; Moral Ituarte *et al.* 2015; Vidal-Abarca *et al.* 2015), uno de los cuales lo constituyen los ecosistemas fluviales.

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 (Bucher *et al.* 1997; Schumm 1997 citado por Vidal-Albarca *et al.* 2015). Los ecosistemas fluviales, por su parte se componen principalmente por la interacción y dinámica entre el flujo de agua, el cauce y las riberas de un río. Además, son corredores naturales de gran importancia hidrológica y ecológica en el paisaje (de Jalón y del Tánago 1998; Mendoza *et al.* 2014; Postel y Richter 2005; de Jalón y del Tánago 2006, 2011).

Los elementos que conforman la estructura y funcionamiento del ecosistema fluvial como el agua, el territorio ribereño, la flora y fauna, entre otros, mantienen interrelaciones muy diversas con el territorio y el desarrollo humano, pues son parte fundamental en la disponibilidad de servicios a través del territorio tanto para el paisaje como para el ser humano, tales como el abastecimiento del agua (Siles y Soares, 2003), la prevención y regulación de las inundaciones, prevención de la intrusión de agua salada, reducción de los efectos de la erosión al mantener sedimentos, retención de sustancias nutritivas y eliminación de sustancias tóxicas, estabilización del microclima, servir como sumidero de carbono para el mundo, medio de transporte y como excelentes lugares turísticos (Bucher *et al.* 1997).

Cabe mencionar que a pesar de su gran importancia ecológica y para el desarrollo humano, los ecosistemas fluviales se encuentran entre los más degradados por la presión humana debido al desarrollo de actividades agrícolas, urbanas e industriales que alteran directa o indirectamente su estructura y funcionamiento (Bucher *et al.* 1997; Reché 2003; Arrojo 2010; 2015; Mendoza Cariño *et al.* 2014), poniendo en riesgo su capacidad de adaptación a perturbaciones y aumentando su vulnerabilidad a degradarse, lo que afectará los servicios que proveen al paisaje y que el ser humano obtiene de ellos (Diamond 2006).

Con base en este contexto, se denota la importancia de evaluar el estado ecológico actual de los ecosistemas fluviales para reconocer problemáticas, potencialidades y/o riesgos para identificar soluciones para su restauración y conservación. Por lo que el presente trabajo permite reflexionar sobre la importancia, la afectación y complejidad del ecosistema fluvial y conocer una propuesta metodológica de evaluación del estado ecológico del ecosistema fluvial para la zona intertropical americana (ZIA) (Capítulo 1) y su validación en campo en la microcuenca El Tablón, Chiapas, México (Capítulo 2).

En cada uno de los capítulos se detallarán las metodologías, resultados y aprendizajes, ya sea en la elaboración, análisis, ajustes y protocolos de la propuesta de evaluación del ecosistema fluvial como la información obtenida de la validación en campo y el reconocimiento del estado ecológico de un ecosistema fluvial dentro de la ZIA.

### 1.1 Antecedentes

Actualmente se vive una crisis de escasez del recurso hídrico no solo por disminución en cantidad sino también en calidad. Se estima que 1000 millones de personas no tienen garantizado el acceso al agua potable; por ello más de 10.000 mueren diariamente de diarrea por ingesta de agua contaminada biológicamente. Otras muchas, se envenenan poco a poco, sin saberlo, por vertidos con metales pesados y otros tóxicos procedentes de la industria, la minería e incluso la agricultura (Arrojo 2010).

Desde el modelo de desarrollo vigente, hemos quebrado la salud de los ecosistemas acuáticos y con ello la de las comunidades más vulnerables; degradando al tiempo otros recursos naturales que obtenemos de estos (Arrojo 2015).

En cuanto a políticas encaminadas a la gestión adecuada de los recursos humanos a partir de una visión ecosistémica, se presenta como ejemplo la Directiva Marco del Agua en Europa, quienes posteriormente a reconocer el deterioro de sus ríos por los fuertes impactos que sufrían ante las actividades antrópicas, se propusieron acciones y administraciones públicas dirigidas a proteger el estado de los ecosistemas acuáticos a través de la prevención de su deterioro, la conservación de los que se hallan en buen estado y la restauración de los deteriorados, así como a promover un uso sostenible del agua basado en la protección a largo plazo de los recursos hídricos disponibles (la Calle 2015).

En el caso de América Latina, Bucher *et al.* (1997) reportan la necesidad de un esquema y protocolos de evaluación de los ecosistemas fluviales para reconocer los estados y con ello los tipos de manejo y esfuerzos necesarios para implementarlos.

América Latina y el Caribe sufren efectos de degradación debido a los rápidos y considerables cambios en la utilización de los recursos naturales impulsados por el aumento de la población, la deforestación intensiva, el cambio de uso de suelo y la expansión hacia las últimas fronteras agrícolas que quedan. Lamentablemente, en la actualidad la mayor parte del desarrollo no está planificado y sufre los grandes efectos ambientales, económicos y sociales que ya se han mencionado (Bucher *et al* 1997).

Para tomar acción frente a este tipo de problemática de los ecosistemas fluviales por las presiones antrópicas en América Latina, se han desarrollado diversas políticas públicas, esfuerzos de gestión y manejo de los recursos naturales. Como ejemplo se expone la Norma Mexicana NMX-AA-159-SCFI-2012 que toma diferentes conceptos e indicadores del ecosistema fluvial para trabajar con el concepto de caudales ecológicos, un intento para introducir su manejo a través de diversas políticas y lineamientos en pro de la conservación y gestión de los ecosistemas fluviales.

Aunado a esto en el 2014 Mendoza Cariño *et al.* presentaron, una propuesta de adaptación a la LAN para la integración de una visión holística en la manera de evaluar el ecosistema fluvial, incluyendo componentes como la vegetación ribereña, la cual funge un papel muy importante en su estructura y funcionamiento.

## 1.2 Importancia y justificación

Los ecosistemas fluviales ejercen un papel fundamental en la dinámica global del planeta por la provisión de diversos beneficios (Camacho y Ruiz 2012), principalmente el agua. Al encontrarse fuertemente amenazados por las actividades humanas y actualmente degradados en diversas partes del mundo (Arrojo 2015), se denota la urgencia del uso de herramientas y prácticas para la evaluación y manejo adecuado de dichos ecosistemas.

En general, la vinculación entre agua y ecosistemas para determinar el estado ecológico es un salto cualitativo muy importante hacia la eficacia de la protección ambiental, siempre que se aplique correctamente (la Calle 2015).

El reconocer el estado del ecosistema fluvial nos brindará herramientas para encaminarnos a mantener su buen estado, lo cual es una garantía para que ellos nos provean de agua suficiente y de calidad para vivir y desarrollar todas nuestras actividades, desde las puramente productivas hasta las afectivas y emocionales, pasando por aquellas que ni siquiera somos capaces de percibir (Vidal-Abarca *et al.* 2015).

Actualmente existen diversas metodologías para evaluar componentes y, en algunas, la interacción de estos en ecosistemas fluviales. Sin embargo, la mayoría están desarrolladas en zonas templadas y presentan una serie de limitaciones (ver Capítulo 1). En el caso de América Latina y el Caribe, Bucher *et al* (1997) proponen y exponen las siguientes características para una metodología de evaluación: 1) enfoque integral y de ecosistema basada en una política de ordenación que considere que los recursos hídricos constituyan parte de sistemas funcionales (como cuencas completas o sistemas de llanuras aluviales), en que se tengan debidamente en cuenta las complejas interrelaciones entre los componentes físicos y los bióticos. 2) La ordenación de los recursos de agua dulce debe formar parte de un planteamiento lógico de la planificación y supervisión a largo plazo de la utilización sostenible de recursos naturales, con inclusión de los aspectos ecológicos, económicos y sociales. 3) Tomar en cuenta la tendencia cada vez mayor hacia la explotación de los recursos naturales y sus impactos antrópicos, identificándolos y controlando su afectación en la degradación de los recursos hídricos.

A partir de los argumentos anteriores, se presenta una propuesta metodológica de evaluación ecológica de ecosistemas fluviales para cuencas hidrográficas en la zona intertropical americana: 1) Capaz de reconocer el estado real del ecosistema fluvial de interés, identificando tanto la condición de degradación como la documentación de su buen estado de su estructura y funcionamiento. 2) Útil como una herramienta de monitoreo de la recuperación de los atributos del ecosistema fluvial a través de acciones de manejo. 3) Accesible para organizaciones dedicadas al manejo de los recursos naturales en su territorio. 4) Innovación en el uso de métodos cualitativos de agregación. 5) Construcción a partir del análisis de diversas metodologías. 6) Validación en campo y exposición de resultados. 7) Capaz de generar información útil para toma de decisiones de gestión y manejo del ecosistema fluvial en el territorio.

## 2. OBJETIVO GENERAL

Generar y validar una metodología de evaluación integral del estado ecológico de los elementos que conforman al ecosistema fluvial en cuencas hidrográficas de la zona intertropical de América con el fin de proponer acciones de conservación y restauración.

## 3. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

1. Analizar las metodologías existentes más usadas y recientes de algunas regiones del mundo sobre la evaluación de ecosistemas fluviales, identificando sus características principales y los componentes del ecosistema que evalúan.
2. Proponer una metodología de evaluación de ecosistemas fluviales integral y comparable con base a las características de la zona intertropical de América, a partir del análisis de metodologías existentes y la identificación de los atributos principales representativos del ecosistema fluvial.
3. Validar la metodología de evaluación de ecosistemas fluviales en una cuenca representativa de la zona intertropical de América, incluyendo la generación de propuestas de rehabilitación y conservación del ecosistema fluvial diagnosticado.

## 4. PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN

1. ¿Cuáles son los elementos representativos del ecosistema fluvial que permitirán evaluar su estado ecológico?  
¿Cuáles son las metodologías existentes para evaluar el estado del ecosistema fluvial?  
¿Cuáles son las fortalezas y restricciones de cada metodología?
2. ¿Qué aspectos debe contener la metodología de evaluación?

¿Cómo se organizan los aspectos en un esquema metodológico (pasos e instrumentos)?

¿Qué métricas, estimaciones y/o parámetros se utilizarán para evaluar los atributos del ecosistema fluvial?

3. ¿Se logró la validación?

¿Cuáles son las utilidades y restricciones de la metodología?

¿Qué ajustes deben efectuarse?

¿Cuál es el estado del ecosistema fluvial evaluado?

¿Qué presiones antropogénicas sufre?

¿Qué técnicas o manejos son necesarios para rehabilitar y conservar el ecosistema fluvial según su estado o las condiciones de los atributos evaluados?

## 5. MARCO DE REFERENCIA

### 5.1 Zona intertropical de América

Dividiendo a la tierra por sus características climáticas según las intensidades de radiación solar que presenten a partir del Ecuador, se consideran dos hemisferios, el Norte o Boreal y el Sur o Austral. Estos dos hemisferios se dividen en cinco zonas o fajas: la faja central o zona intertropical, las zonas templadas y las zonas polares (Mosquera 1866).

La zona intertropical americana se encuentra entre los trópicos de capricornio y cáncer, comprendiendo a los países de México (Sur), Belice, Guatemala, Salvador, Honduras, Nicaragua, Costa Rica, Panamá, Colombia, Venezuela, Ecuador, Las Guayanas, Perú, parte norte de Chile, Bolivia, Paraguay y gran parte de Brasil.

Esta zona presenta características climáticas especiales a diferencia de las zonas templadas y polares que existen en el planeta. En esta zona, según Köppen (1948), se presentan los climas cálidos identificados dentro de su clasificación con la letra A, que se refiere a temperaturas medias mensuales superiores a los 18°C. Es importante mencionar que otros elementos que contribuyen a explicar el clima de una región pueden ser: la presión atmosférica, los vientos, la humedad, la latitud, la altura, el relieve, la proximidad de los mares, las corrientes oceánicas y la influencia de la naturaleza del suelo y la vegetación (Mosquera 1866). La condición "A" mencionada por Köppen, tiene las siguientes variantes:

Clima ecuatorial (f), con precipitaciones constantes (alrededor de 2000 mm), zonas con alta humedad y vegetación selvática. Temperatura entre 20 y 27°C.

Clima monzónico (m), con precipitaciones constantes y de gran cantidad excepto por algún mes seco.

Clima tropical con invierno seco (w) o con verano seco (s): Lluvias no constantes, y se diferencia de los períodos secos, precipitaciones mínimas de 100 mm y

temperaturas superiores a 18°C. Se ubican más cercanos a los trópicos de cáncer y de capricornio.

Con estas descripciones se debe tener en cuenta que la ubicación geográfica y la estación en que se encuentre, tendrán una incidencia en las características del territorio. En el caso del presente proyecto, por la variación de precipitación o temperatura incide en las características de los atributos de estructura y funcionamiento de los ecosistemas fluviales.

Cabe mencionar que esta zona es una de las más ricas en recursos, debido a las diversas características de precipitación y temperatura (ambas elevadas), a diferencia de otras zonas del planeta. Por tanto, esta zona se menciona como la de mayor producción de biomasa (500 t/ha/año), así como de las de mayor producción agrícola por el tipo de clima, teniendo además presentes cultivos que no se encuentran en otras zonas (Lee 1968), lo que podría tener implicaciones en los impactos por producción agrícola en los ecosistemas de esta zona.

## 5.2 Cuenca hidrográfica

La cuenca hidrográfica es la superficie de terreno cuya escorrentía superficial fluye en su totalidad a través de una serie de corrientes, ríos y, eventualmente lagos, hacia el mar por una única desembocadura, estuario o delta. Se trata de una unidad básica del sistema ecológico, hidrológico e hidrogeológico (la Calle M. 2015), donde además existe una amplia interacción de los ecosistemas, sus procesos y las acciones humanas. Por ello se utilizan como unidad territorial idónea para la gestión y manejo de recursos (Cotler *et al.* 2010; Aguirre Núñez 2011).

Actualmente, la interacción entre las actividades humanas asentadas en todo el territorio y los ecosistemas implica que estos estén inmersos en procesos de degradación, que no solo afectan su integridad ecológica, sino también condenan a sus usuarios en su desarrollo y bienestar (Siles y Soares 2003; Pozo y Elosegui 2009).

## 5.3 Ecosistema fluvial

El ecosistema fluvial es un sistema ecológico complejo definido por una intrincada red hídrica que mantiene interacciones entre los componentes que lo conforman (cauce, corriente y ribera), entre el territorio y el humano (Jiménez *et al.* 2007; Sabater *et al.* 2009). Es un complejo mecanismo hidrológico y geomorfológico de conducción superficial de las aguas continentales, acompañadas de los materiales que transportan, en la dirección de la pendiente hasta los océanos, lagos o lagunas (Schumm, 1977 citado por Vidal-Abarca *et al.* 2015).

Cuenta con una enorme capacidad de transporte de masa y energía, pero no es sólo un sistema de conducción y concentración progresiva, sino que también constituye un importante mecanismo de disipación de materia y energía, de manera que agua, sedimentos y nutrientes son expandidos a lo largo del territorio y pueden también ser temporalmente retenidos en cada una de las zonas del mismo (Vidal-Abarca *et al.* 2015).

“Los sistemas fluviales cuentan con entradas, salidas y almacenes de materia y energía y se comportan como sistemas morfológicos (la forma de cada componente incide en la forma de los restantes componentes), como sistemas en cascada (de flujos y procesos a lo largo de la red fluvial) y como sistemas de proceso-respuesta en continuo ajuste en los que los procesos generan formas y éstas condicionan los procesos, sobre un conjunto muy amplio de bucles de retroalimentación positivos y negativos” (Charlton 2007 citado por Vidal-Abarca *et al.* 2015).

El sistema fluvial también cuenta con múltiples umbrales externos e internos, asistiendo a cambios cuando son sobrepasados. La respuesta del sistema a ese cambio es siempre muy compleja (Vidal-Abarca *et al.* 2015) y depende del tipo, frecuencia y magnitud de los factores de cambio que afectan su integridad ecológica.

En ecosistemas fluviales todo el sistema se organiza fundamentalmente según un eje principal longitudinal cabecera-desembocadura, pero no es el único. De hecho, los ríos son tridimensionales y, además de este eje longitudinal, hay que considerar el horizontal (cauce-llanura de inundación) y el vertical (cauce-acuífero) (Sabater y Elosegi 2009; Jones y Mulholland, 2000; Vidal-Abarca G. *et al.* 2015).

#### 5.4 Atributos del ecosistema fluvial (estructura y funcionamiento)

Los ecosistemas fluviales están compuestos por diversos elementos que interactúan entre sí y logran generar su dinámica (Serengil *et al.* 2012):

**Cauce:** Comprende tanto el terreno en el que se asienta la comunidad vegetal, como el propio lecho del río (Jiménez *et al.* 2007). Es uno de los principales elementos del ecosistema fluvial y define la forma en las diversas partes de la cuenca (Sabater *et al.* 2009).

**Cauce habitual.** Es el cauce por el que el río discurre de forma habitual. Este cauce se modifica cuando, debido a la época de lluvias, el nivel del caudal sube, o en época de sequía el caudal baja (Jiménez *et al.* 2007).

**Cauce de crecida.** Corresponde con la zona hasta donde han llegado las crecidas del agua durante los últimos años, considerados climatológicamente normales. Sus límites se delimitan teniendo en cuenta los signos de erosión fluvial en los bordes, o bien observando el límite a partir del cual se desarrolla vegetación rípiara leñosa (Jiménez *et al.* 2007).

**Estilo fluvial o geomorfología básica del cauce:** forma del cauce según las condiciones generales del sistema (valle, pendiente, sedimentos) Ollero *et al.* (2009); se presentan diversos tipos de cauce según Rosgen (1996) (Figura 1).

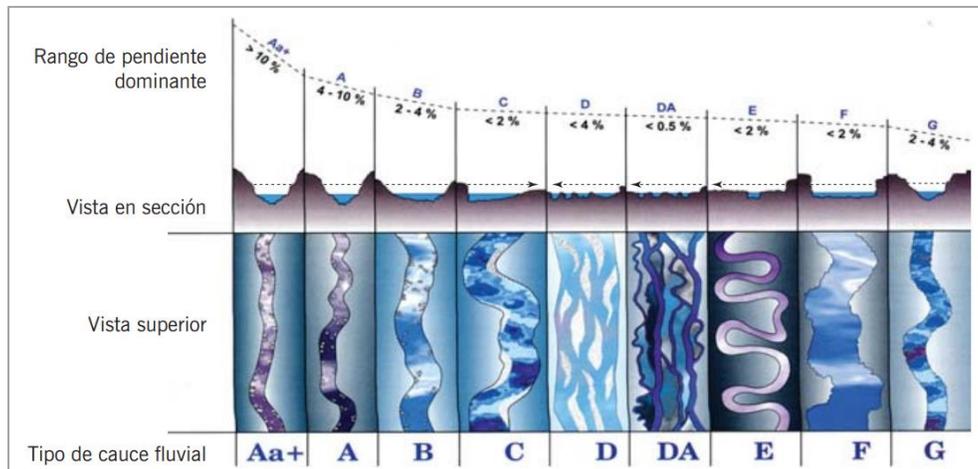


Figura 1. Tipos de cauce según Rosgen (1996)

**Llanura de inundación.** Está constituida por la zona hasta la que han llegado las aguas del río en los períodos en los que se producen situaciones de avenida superándose los cauces habituales y de crecida, y el río se desborda (Jiménez *et al.* 2007).

**Terrazas fluviales.** Son restos de los primeros depósitos fluviales del valle que posteriormente fueron erosionados en su parte central (Jiménez *et al.* 2007).

**Valle fluvial.** Corresponde con toda la sección construida por el río a lo largo de miles o millones (Jiménez *et al.* 2007).

**Zona ribereña** (retiro ribereño). Es un área de transición entre el ecosistema acuático y terrestre, constituye una zona crítica para la protección de los cuerpos de agua (Posada y Maya 2015).

La importancia de las zonas de ribera es su función en la integridad del ecosistema fluvial y terrestre que lo rodea, ya que es fundamental y de un alto valor económico y ecológico (Tut Si 2016). Con base al detalle de estas características, la zona de ribera es un auténtico corredor biológico y una zona de reserva para la flora y la fauna en los ecosistemas terrestres vecinos (Sabater *et al.* 2009).

**Permeabilidad de los suelos ribereños.** Se identifica la capacidad de control de los flujos subterráneos y subterráneos del sustrato (González del Tánago y García de Jalón 2006; 2011).

**Vegetación ribereña.** Compuesta por comunidades vegetales asociadas a los cauces de agua, tanto permanentes como temporales (Sabater *et al.* 2009).

Es un atributo especial, útil para la evaluación del ecosistema fluvial. Se comporta como el principal freno de la dinámica fluvial. La vegetación suele ser un indicador positivo si se desarrolla en las riberas, por cuanto indica proximidad del freático y buena conectividad, pero puede ser negativo si es abundante y madura en el propio cauce, islas y orillas, implicando déficit de crecidas y dificultades en la movilización sedimentaria (Ollero *et al.* 2009).

Existen diversos tipos de vegetación ribereña; sin embargo, la composición de especies de cada uno variará dependiendo la zona geográfica y clima. Sobre los tipos de vegetación, Jiménez *et al.* (2007) cita:

**Vegetación arbórea y arbustiva.**

**Vegetación herbácea sumergida y flotante en agua del río:** ej. especies de algas, helechos, musgos y plantas con flor.

**Vegetación herbácea en contacto agua/tierra:** plantas con raíces que soportan el encharcamiento temporal o permanentemente. Ej. hierbas que conforman carrizales.

**Vegetación herbácea capaz de soportar los cambios en el caudal, el estiaje y las crecidas.** Ej.: cañaverales, juncuales y herbazales, juncos o colas de caballo.

**Continuidad longitudinal de la vegetación.** Tiras de vegetación a lo largo del cauce, longitud ocupada por la vegetación ribereña, el cual contribuye al control del flujo o movimiento de agua, nutrientes, sedimentos y especies a través del paisaje (González del Tánago y García de Jalón 2006; 2011)

**Dimensión del espacio ocupado por la vegetación.** Se refiere a lo ancho del canal y llanura de inundación que contiene la vegetación ribereña, definiendo con ello el tamaño del área donde los procesos hidrológicos y ecológicos tienen lugar, influyendo en la heterogeneidad de la zona ribereña (González del Tánago y García de Jalón 2006; 2011).

**Composición y estructura de la vegetación.** Refleja la calidad ecológica, la cual es definida por las condiciones de referencia de cada río, el tipo de composición florística de la zona y los estratos presentes de esta, dependiendo de la ubicación y clima (González del Tánago y García de Jalón 2006; 2011).

**Regeneración natural de especies leñosas.** Indica la capacidad de la vegetación actual para mantener el éxito de sus poblaciones bajo el flujo actual, el régimen de inundaciones o el tipo de manejo de la zona ribereña (González del Tánago y García de Jalón 2006; 2011).

**Conectividad transversal (cauce con ribera).** Permite evaluar el intercambio natural de agua, nutrientes y sedimentos entre los mosaicos espaciales de la planicie de inundación y el río, que es esencial para mantener la biodiversidad de la vegetación ribereña (González del Tánago y García de Jalón 2006; 2011).

**Fauna.** Debido a la gran productividad de la vegetación de ribera, la presencia de agua y la convivencia entre estos dos medios, la fauna asociada a los ríos es muy rica y diversa (Jiménez *et al.* 2007). Los animales utilizan los cauces como corredores ecológicos en sus desplazamientos y encuentran en el río agua, alimento y refugio (Sabater *et al.* 2009). La fauna presente en estas franjas se divide en los siguientes grupos:

**Invertebrados.** Se encuentran en el sustrato del cauce y la franja ribereña, también entre la vegetación ribereña y el cauce superficial (Jiménez *et al.* 2007).

**Vertebrados.** Se encuentran tanto en la zona ribereña como en el cauce: peces, anfibios, reptiles, aves y mamíferos (Jiménez *et al.* 2007).

**Continuidad longitudinal del sistema.** Vannote, *et al.* (1980) lo llama *continuidad del río*, y menciona que es la conexión de los procesos y elementos del ecosistema fluvial que interactúan en el transcurso del ecosistema fluvial por el territorio de la cuenca, desde la cabecera hasta la desembocadura y. presenta diversos gradientes de condiciones físicas de los elementos bióticos y abióticos del ecosistema fluvial antes descritos.

**Conectividad transversal y vertical del sistema.** Es cuando el curso fluvial superficial está conectado de forma natural con el corredor ribereño y el resto de la llanura de inundación (conectividad transversal), así como con la zona hiporreica y con el freático (conectividad vertical) (Vannote *et al.* 1980).

**Dinámica espaciotemporal del sistema.** Es el resultado de todo lo anterior: si el sistema fluvial funciona con naturalidad, presenta caudales fluctuantes y generadores, cuenta con un estilo geomorfológico acorde a sus caracteres y mantiene sin rupturas su continuidad y sus conectividades, contará sin duda con una dinámica hidro-geomorfológica fluvial correcta (Ollero *et al.* 2009).

#### 5.5 Escalas del ecosistema fluvial

El sistema fluvial hidrogeomorfológico global se estructura en diferentes escalas en la cuencas hidrográficas siendo esta la primer escala; posteriormente se identifica el cauce principal o segmento fluvial, transectos de hábitats (también llamados tramos) y microhábitats los cuales imbrican en una ordenación jerárquica, en la que cada uno ejerce un control sobre el siguiente, fundamentalmente a través de la geomorfología y el régimen hidrológico (Figura 2) (González del Tánago y García de Jalón 2007; Vidal-Abarca *et al.* 2015).

Cabe mencionar que la ordenación jerárquica no solo actúa en el sentido arriba-abajo, sino que los componentes bióticos (vegetación ribereña y acuática, fauna acuática y asociada a las riberas, etc.), pueden ejercer influencia sobre la hidrogeomorfología, como ocurre con el efecto de troncos, ramas y hojarasca en la configuración de la secuencia de hábitats y microhábitats de los ríos, o cuando el pisoteo y movimiento de grandes animales en los cauces y riberas modifican la estructura física, o cuando la vegetación de ribera retiene el agua y atenúa los efectos de las avenidas aguas abajo, actuando a gran escala (Vidal-Abarca *et al.* 2015).

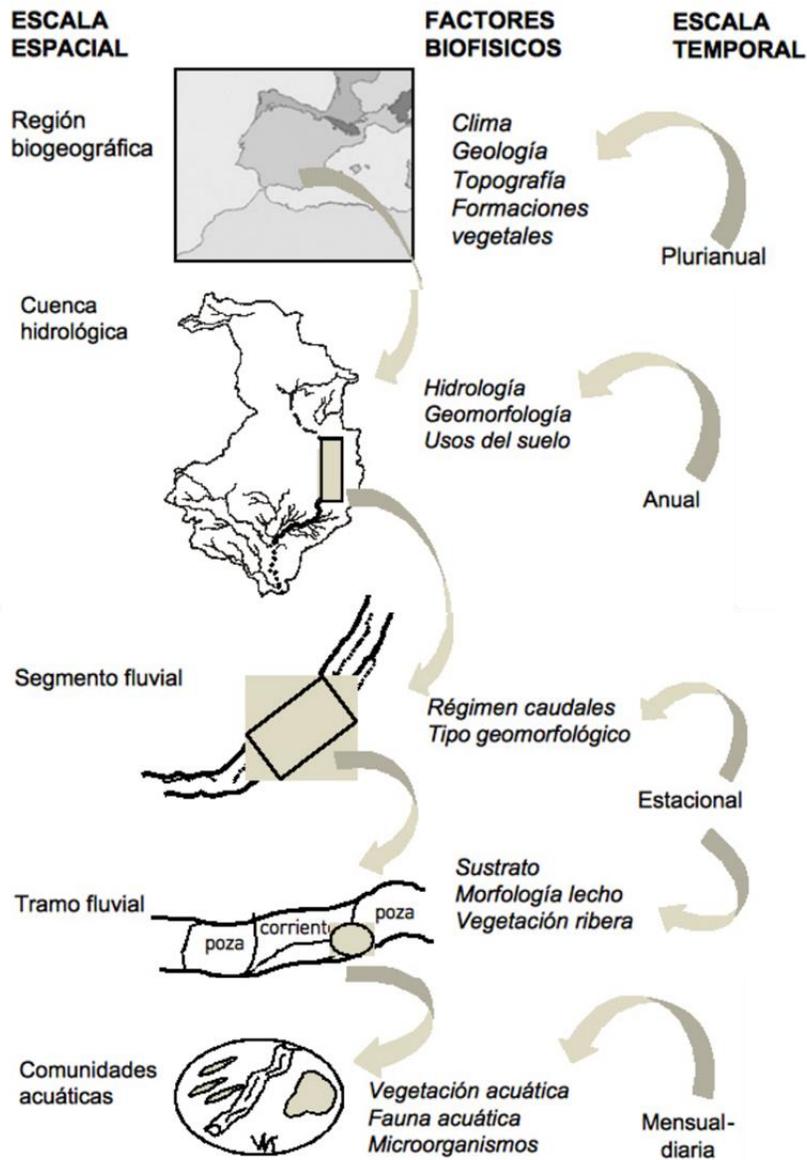


Figura 2. Organización jerárquica de ríos. Modificado de González del Tánago y García de Jalón (2007)

### 5.6 Configuraciones del ecosistema fluvial a través de la cuenca

La complejidad de la diversidad de características de los ecosistemas fluviales, específicamente de sus cauces, es debida a que están estructurados según las características de la cuenca hidrográfica en que se encuentran. Este dinamismo fluvial se expresa tanto en el espacio como en el tiempo. Dicha heterogeneidad marca gran diferencia entre los tramos de cabecera, tramos medios y bajos de la cuenca (Figura 3) cambiando la pendiente, la anchura y profundidad del caudal (Sabater *et al.* 2009).

Cabe mencionar que las zonas altas, medias y bajas de la cuenca hidrográfica difieren de las características de estructura y funcionamiento de las del cauce principal.

El cauce principal suele ser definido como el curso con mayor caudal de agua (medio o máximo), o bien con mayor longitud. Esta red se divide en tres zonas según sus características de estructura y funcionamiento a través del territorio:

1. Curso alto o superior, ubicado en lo más elevado del relieve, en donde la erosión de las aguas del río es vertical, se encuentran nacimientos de agua y comienza el proceso del transporte de nutrientes y agua.
2. Curso medio, en donde el río empieza a zigzaguear, ensanchando el valle. Conocido también por su dinámica de transporte de sedimentos. Cuenta con una gran diversidad de formas del cauce, pendientes y configuraciones.
3. Curso bajo o inferior, situado en las partes más bajas de la cuenca. Allí el caudal del río pierde fuerza y los materiales sólidos que lleva se sedimentan, formando las llanuras aluviales o valles. También llamada zona de deposición.

Tanto el concepto de río o cauce principal, como el de nacimiento del río son arbitrarios, como también lo es la distinción entre el río principal y afluente dependiendo del interés de manejo o apreciación del territorio. Sin embargo, la mayoría de las cuencas de drenaje presentan un río principal bien definido desde la desembocadura hasta cerca de la divisoria de aguas (Ordoñez 2011).



Figura 3. Características de la red de drenaje en el territorio. Modificado de Jiménez et al. (2007).

A estas características identificadas en el perfil longitudinal hay que sumarles las que ocurren en el eje horizontal o perfil transversal: corte de una sección imaginaria de forma transversal a la dirección del cauce asociando la dinámica fluvial, la distribución de la vegetación ribereña y los posibles usos del río (Jiménez et al. 2007); y el vertical o zona de hiporreos en donde se identifica la dinámica de conectividad entre las corrientes subterráneas, el tipo de lecho y la corriente superficial (Sabater y Elosegui 2009). (Para más información de estos atributos ver Sección 6.4).

## 5.7 Estado ecológico e integridad ecológica del ecosistema fluvial

Según la directiva marco del agua de la Unión Europea en 2000, “el estado ecológico (EE) es una medida de la salud global del sistema acuático, una expresión de la calidad de la estructura y el funcionamiento de los ecosistemas asociados a las aguas superficiales y es evaluado en función de una serie de indicadores biológicos, fisicoquímicos e hidromorfológicos que a su vez están relacionados con las condiciones naturales y en ausencia de presiones humanas” (Mendoza Cariño *et al.* 2014).

La integridad ecológica (IE) se define como “la capacidad de un sistema ecológico de soportar y mantener una comunidad de organismos de carácter adaptativo, cuya composición de especies, diversidad y organización funcional son comparables con los hábitats naturales dentro de una región particular” (Herrera y Corrales 2004). Estos autores señalan que un sistema ecológico mantiene su integridad, cuando sus características ecológicas dominantes (ej. composición, estructura, función, procesos), ocurren dentro de los rangos de variación naturales y son capaces de resistir y recuperarse de la mayoría de las perturbaciones, ya sean de carácter natural o antropogénico.

Cabe recalcar que, si las condiciones del ecosistema cambian por causas de origen antrópico, los organismos sufren modificaciones en cuanto a su estructura, abundancia o apariencia externa, como en el caso de los peces, o desaparecen. Aunque estos cambios también pueden presentarse en el tiempo, como parte de la evolución natural de un sistema (Mendoza Cariño *et al.* 2014.). Por ello es importante diferenciar uno de otro para no sobreevaluar o confundir los cambios del estado de la integridad ecológica del ecosistema fluvial.

## 5.8 Estado natural o pristino del ecosistema fluvial

En teoría, los ríos naturales serían aquellos que estén en condiciones pristinas, es decir que en ellos el ser humano haya intervenido en su estructura y funcionamiento (García de Jalón y del González del Tánago 1998). Sin embargo, “dados los tiempos históricos en que nos hallamos, es imposible encontrar un ecosistema fluvial no intervenido, y muy especialmente en Europa” pues según Jalón, y del Tánago (1998) “conservar las comunidades naturales y pristinas en nuestros ríos es una tarea imposible, por la sencilla razón de que no existen”.

## 5.9 Bienes y servicios de los ecosistemas fluviales

“Los bienes y servicios ecosistémicos obtenidos por el ser humano, que son a partir de procesos y funciones ecológicas que indirecta o directamente contribuyen al bienestar y desarrollo humano” (Camacho y Ruiz 2012).

Por lo que considerando que el ecosistema fluvial se compone en una estructura tridimensional: longitudinal, transversal y vertical (Vidal-Abarca *et al.* 2015) y por tres componentes principales como el cauce, la corriente y la ribera, se genera la siguiente diversidad de funciones a través del territorio:

**Aprovisionamiento de bienes** como recursos naturales que incluyen agua, materiales pétreos, alimento, plantas medicinales, energía, recursos genéticos, recursos no maderables,

recursos maderables, entre otros. Así como transporte de agua, sedimentos, organismos y a la vez como medio de transporte antrópico (Siles y Soares 2003; Encalada 2007; Vidal-Abarca *et al.* 2015).

**Regulación hidrológica:** sirven para ordenar, controlar y ralentizar todo el proceso de tránsito y comunicación desde el ámbito continental al marino; ralentización del flujo hídrico en el propio cauce por rugosidad (aluviones, vegetación, madera muerta, etc.); regulación de escorrentías extremas a través de la estructura geomorfológica transversal disipación la energía por el tipo de morfología del cauce, barreras vegetales y del lecho; regulación hidrológica de las aguas subterráneas asociadas, acuíferos aluviales conectados con el curso fluvial superficial; regulación del sistema oceánico con los aportes hidrológicos (que regulan, por ejemplo, la salinidad marina) con los caudales sólidos que aportan sedimentos a las costas y a los fondos marinos y con los nutrientes necesarios para las formas de vida oceánicas, entre otros (Vidal-Abarca *et al.* 2015).

**Regulación del microclima y calidad de agua por vegetación ribereña** estabilizan el clima, especialmente la temperatura, brindando las franjas ribereña condiciones especiales para los organismos y su hábitat (Bucher *et al.* 1997; Siles y Soares 2003; Encalada 2007; Posada y Maya 2015).

**Cultural patrimonio etnológico:** guardan importantes restos patrimoniales, elementos arqueológicos y arquitectónicos, relacionados con el uso que se le ha dado al río para la industria o la agricultura principalmente (Jiménez *et al.* 2007). Belleza escénica, representaciones espirituales y oportunidades de recreación o turismo (Siles y Soares 2003).

Gracias a su conectividad en el territorio, el ecosistema fluvial brinda beneficios como corredores ecológicos donde se generan funciones como la dispersión de organismos y semillas; la distribución de nutrientes y sales; sustancias disueltas y en suspensión (Vidal-Abarca *et al.* 2015), así como facilitar el mantenimiento de las rutas migratorias y de los desplazamientos, necesarios para los ciclos de muchas especies, que se encuentran limitados por el desmesurado desarrollo urbanístico o de infraestructura (Jiménez *et al.* 2007). Dadas las características estos ecosistemas son clave para la conectividad, ya que brinda la alternativa de conexión de parches para mejorar el flujo de las especies, otorgando refugio, corredor de movimiento y recursos (Martínez 2008).

Para garantizar todas estas funciones, el sistema fluvial debe contar con naturalidad (diversidad, complejidad), continuidad (unidad, conectividad, espacio) y dinámica (hidrológica, destacando el papel de las crecidas, y geomorfológica). Es muy importante el hecho de que las distintas funciones se pueden cumplir a la vez que conforman la complejidad del sistema fluvial (Vidal-Abarca *et al.* 2015).

#### 5.10 Presiones e impactos antropogénicos en el ecosistema fluvial

Por desgracia, actualmente las funciones se han ido deteriorando en el transcurso del tiempo por las actividades humanas teniendo impactos negativos directos e indirectos sobre los ríos (Reché 2003, Arrojo 2015).

El conocimiento de los factores de cambio o deterioro ambiental, identificando las presiones e impactos, son claves para evaluar el estado del ecosistema fluvial, por lo que conviene que se analicen con detalle y teniendo en cuenta que en ocasiones sus efectos no son todavía observables (Ollero *et al.* 2009).

Los *impactos antrópicos directos* se relacionan con la extracción desmedida del caudal, su desviación, revestimientos de concreto, represamiento o agotamiento, con la inadecuada operación de obras hidráulicas (Ramírez *et al.* 2009; Osiris 2010); contaminación a causa de la descarga de aguas residuales municipales e industriales que modifican el volumen, la calidad y la estacionalidad de dichos sistemas (Jiménez *et al.* 2007; Arrojo 2015); deforestación y pérdida de vegetación ribereña por tala, incendios (Jiménez *et al.* 2007; Sabater *et al.* 2009); introducción de especies exóticas que ocasionan pérdida de especies nativas (Jiménez *et al.* 2007).

Los *impactos antrópicos indirectos* se caracterizan por el inadecuado manejo territorial de las cuencas: deforestación, fragmentación de ecosistemas a causa de cambios no planificados en el uso de la tierra, crecimiento urbano y desarrollo de carreteras, lo que afecta negativamente la cantidad y la calidad de agua disponible (Rosenberg *et al.* 2000 citado por Mendoza Cariño *et al.* 2014; Fianko *et al.* 2009).

### 5.11 Evaluación del estado ecológico

Según Stufflebeam y Shinkfield (1987), la evaluación es el proceso de identificar, obtener y proporcionar información útil y descriptiva acerca de un valor ya sea de metas, planificación o el impacto de un objeto determinado -en este caso del ecosistema fluvial-, con el fin de servir de guía para la toma de decisiones, solucionar los problemas de responsabilidad y promover la comprensión de los fenómenos implicados.

A través de los años, se han formulado diversas evaluaciones sobre temas del impacto global de los humanos sobre el estado e integridad ecológica de los sistemas naturales, así como la publicación de diferentes informes de organizaciones internacionales gubernamentales y no gubernamentales, entre los que destacan los informes periódicos de “Planeta Vivo de WWF”, el de IPCC (Panel Intergubernamental del Cambio Climático), con la evaluación del cambio climático y el impacto del al humano y el planeta y, el de los más acorde con el presente trabajo, la evaluación de los ecosistemas del milenio..

Unas de las lecciones básicas sobre el proceso de evaluación que la EEM ha obtenido con su desarrollo, son los siguientes (Montes y Sala 2007):

- Efectuar la evaluación teniendo en cuenta los resultados por parte de los usuarios, llevando un proceso participativo de sus actores clave (legitimarla).
- Generar la integración del enfoque científico y social del tema a evaluar.
- La información científica por utilizarse debe ser científicamente verosímil (debe ser revisada por pares y contener información científica de prestigio).
- La evaluación tiene que ser útil, para poder responder a las demandas de información de gestores.

Habitualmente, las evaluaciones ambientales se han basado casi exclusivamente en la información científica. Sin embargo, así como la EEM incorpora la escala local, ha logrado incluir el conocimiento no científico generado por las comunidades locales e indígenas, lo que denota la importancia de la aplicación de evaluaciones cualitativas y accesibles a los manejadores de recursos y tomadores de decisión (Montes y Sala 2007; Íñiguez-Ayón *et al.* 2015).

La realización de una evaluación permite generar un punto de partida para formular proyectos para identificar el potencial, la elaboración de un inventario de necesidades y recursos, para posteriormente proponer tipos de manejo adecuados (Arteaga y González 2001); en el caso del ecosistema fluvial, para mantener o mejorar su estado ecológico.

---

### 5.12 Tipos de manejo adecuado para el ecosistema fluvial

Los siguientes tipos de manejo para el ecosistema fluvial tienen diversas implicaciones, escalas, esfuerzo y resultado para el mantenimiento o mejoramiento su estado ecológico:

**Conservación:** busca la preservación y cuidado del ecosistema resguardando su estructura y funcionamiento para preservar su integridad ecológica. Su finalidad es generar acciones para mantener los estados ecológicos excelentes o buenos contribuyendo, en el caso de los ecosistemas fluviales, a la conservación de la calidad del agua, bosques ribereños y la diversidad (Sabater *et al.* 2009).

**Rehabilitación:** Se refiere a cualquier intento por recuperar atributos estructurales o funcionales dentro de un ecosistema, sin necesariamente intentar devolver el ecosistema al estado anterior al impacto que ocasiona u ocasionó su degradación (Peña-Becerril *et al.* 2005). El objetivo de este tipo de manejo es reestablecer la capacidad del ecosistema degradado para devolver su capacidad de generar bienes y servicios, a través de la incorporación de elementos del ecosistema que estaban degradados o ausentes para recobrar así su estructura y funcionamiento. Dichos elementos no deben ser necesariamente idénticos en estructura y composición a los anteriores, pero sí que sean capaces de generar las funciones. Por ejemplo, cuando existe la ausencia de cobertura vegetal en la zona ribereña, se introducen elementos vegetales para recuperar dicha función, pero aunque las especies que se introducen no necesariamente son nativas de la zona, pueden ser exóticos.

**Restauración:** proceso de asistir la recuperación de un ecosistema que ha sido degradado, dañado o destruido. Su objetivo es el restablecimiento de la función y estructura de las áreas que han sido disturbadas, utilizando como referencia ecosistemas pre-disturbio, es decir, que logren llevar el estado del ecosistema al que se tenía antes del disturbio (González del Tánago y García de Jalón 1998; Munné y Prat 2006).

“Teniendo como objetivo final el reducir al mínimo las modificaciones tanto del cauce natural principal del río, como los hábitats, restituyéndolos de tal forma que favorezcan la

biodiversidad y de manera simultánea preservar la funcionalidad del sistema natural de drenaje” (Mejía-Zermeño y Quintero-Espinos, 2009).

Bajo este contexto, los autores Posada y Maya (2015) mencionan que uno de los primeros pasos para lograr la restauración ecológica de un ecosistema es primordialmente evaluar su situación actual e identificar, si existe degradación, cuál era el estado anterior a este disturbio para lograr recobrar con ello los bienes y servicios que este proveía, así como mitigar o disminuir los impactos presentes.

## 6. LITERATURA CITADA

- Aguirre Núñez, M. 2011. La cuenca hidrográfica en la gestión integrada de los recursos hídricos. *Revista Virtual REDESMA* 5(1):9-20.
- Arteaga, C. González, M. 2001. Diagnóstico. *In* Desarrollo comunitario México, UNAM. p. 82-106.
- Arrojo, P. 2010. Crisis global del agua: valores y derechos en juego. Barcelona. Cristianisme i Justícia.
- Arrojo, A. 2015. Punto de partida: El reto de integrar valores y principios ecológicos, sociales y éticos. *In* Moral Ituarte, L; Agudo, PA; Grao, TH. 2015. El agua: Perspectiva ecosistémica y gestión integrada. Zaragoza, España, Fundación Nueva Cultura del Agua..
- 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.
- Camacho, V; Ruiz, A. 2012. Marco Conceptual Y Clasificación De Los Servicios Ecosistémicos. *Revista Bio Ciencias* 1(4):3-15.
- Cotler, H; Garrido, A; Bunge, V; Cuevas, ML. 2010. Las cuencas hidrográficas de México: Priorización y toma de decisiones. 210-215. Recuperado en el sitio web <http://www.publicaciones.inecc.gob.mx/libros/639/priorizacion.pdf> p.
- Diamond, J. 2006. Colapso. Por qué unas sociedades perduran y otras perecen. Barcelona, España, Random House Mondador, S.A..
- Encalada, A. 2007. Funciones ecosistémicas y diversidad de los ríos: Reflexiones sobre el concepto de caudal ecológico y su aplicación en el Ecuador. Quito, Ecuador. *Polemika*, 5(1).
- Fianko, J; Osa, S; Achel, D. 2009. Impact of anthropogenic activities on the Densu River in Ghana. *Water and Environment Journal* 23(3):229-234.
- González del Tánago M; García de Jalón, D. 1998. Restauración de ríos y riberas. Madrid, España, Ediciones Mundi-Prensa.

- González del Tánago, M; García de Jalón, D. 2006. Attributes for assessing the environmental quality of riparian zones. *Limnetica* 25(1-2):389-402.
- 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.
- Herrera, B; Corrales, L. 2004. Manual para la evaluación y monitoreo de la integridad ecológica en áreas protegidas. Guatemala, Guatemala, Programa Ambiental Regional para Centroamérica..
- Íñiguez-Ayón, Y; Peña-Salmón, C.; Sicairos-Avitia, S. 2015. Ecosistema fluvial urbano: evaluación ecológica y visual del río Tamazula en la ciudad de Culiacán, Sinaloa. *Quivera* 17(1): 75-97.:
- Jiménez, T; Matutano, C; Esquivias, S; Madrona, M; Tarragona, G. 2007. Conservación de Ríos. Guías prácticas de voluntariado ambiental. Andalucía, España, Consejería de Medio Ambiente y Junta de Andalucía.
- Köppen, W. 1948. Las zonas del clima. *Climatología*. México D. F., México., Fondo de Cultura Económica. p. 145-227.
- 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 del Agua.
- Lee, D. 1968. *El clima y el desarrollo económico en los Trópicos*. México. Unión Topográfica Editorial Hispano Americana.
- 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.
- Martínez Fernández. 2015. Metodologías y herramientas para la planificación y gestión integrada del agua. *In* del Moral Ituarte, L; Agudo, PA; Grao, T H. 2015. *El agua: Perspectiva ecosistémica y gestión integrada*. Zaragoza, España, Fundación Nueva Cultura del Agua.
- Martínez, S. 2008. Conectividad funcional para aves terrestres dependientes de bosque en un paisaje fragmentado en Matiguás, Nicaragua. Thesis Mag. Sc. Turrialba, Costa Rica, CATIE.
- Mejía-Zermeño, R; Quintero-Espinosa, I.. 2009. Rehabilitación De Corredores Fluviales. *In* Cuarto Simposio Regional sobre Hidráulica de Ríos. (2009, Salta, Argentina). Disponible en [https://www.researchgate.net/profile/Ismael\\_Quintero-](https://www.researchgate.net/profile/Ismael_Quintero-)

Espinosa/publication/266337865\_Rehabilitacion\_de\_Corredores\_Fluviales/links/5506c3aa0cf231de07788ca6/Rehabilitacion-de-Corredores-Fluviales.pdf

- Moral Ituarte, L; Agudo, PA; Grao, T H. 2015. El agua: Perspectiva ecosistémica y gestión integrada. Zaragoza, España, Fundación Nueva Cultura del Agua.
- Montes, C; Sala, O. 2007. La Evaluación de los Ecosistemas del Milenio. Las relaciones entre el funcionamiento de los ecosistemas y el bienestar humano. *Revista Ecosistemas* 16(3).
- Mosquera, T. . 1866. Compendio de geografía general, política, física y especial de los Estados Unidos de Colombia. Londres.. H.C. Panzer.
- Munné, A. ; Prat, N. 2006. Estado ecológico de los ríos en Cataluña. Diagnóstico del riesgo de incumplimiento de los objetivos de la Directiva Marco del Agua. *Tecnología Del Agua* 26(273):30-46.
- Norma Mexicana NMX-AA-159-SCFI-2012. 2012. Establece el procedimiento para la determinación del caudal ecológico en cuencas hidrológicas. México, Diario Oficial de la Federación.
- Ollero, A; Ballarín, D; Mora, D. 2009. Aplicación del índice hidrogeomorfológico IHG en la cuenca del Ebro. Guía metodológica. Zaragoza, España, Confederación Hidrográfica del Ebro.
- Tut Si, MO. 2016. Influencia de la franja ribereña en la calidad del agua y percepción local sobre su estado y manejo en la subcuenca del río Quiscab, cuenca del Lago Atilán, Guatemala. Thesis Mag. Sc. . Turrialba, Costa Rica, CATIE.
- Ordoñez, J. 2011. Contribuyendo al desarrollo de una cultura del agua y la gestión integral del recurso hídrico. Lima, Perú, Sociedad Geográfica de Lima. ISBN: 978-9972-602-76-4.
- Osiris, R. 2010. Problemática ambiental de la extracción de agregados fluviales en la República Dominicana y propuesta de alternativas. *Boletín Geológico y Minero* 117(4).747-762p.
- Peña-Becerril, JC; Monroy-Ata, A; Álvarez-Sánchez, FJ; Orozco-Almanza, MS. 2005. Uso del efecto de borde de la vegetación para la restauración ecológica del bosque tropical. *Revista Especializada en Ciencias Químico-Biológicas* 8(2): 91 – 98p.
- Pozo, J; Elosegí, A. 2009. El marco físico: la cuenca. *In* Elosegí, A; Sabater, S (eds.). *Conceptos y técnicas en ecología fluvial*. España, Fundación BBVA. . p. 39-49.
- Postel, S.; Richter B. 2010. Ríos para toda la vida. La gestión del agua para las personas y la naturaleza. INE/The Nature Conservancy, 284p.

- Posada, M; Maya, M. 2015. Análisis de la calidad del retiro ribereño para el diseño de estrategias de restauración ecológica en el río la miel, Caldas, Colombia. *Revista EIA* 12(23):, 117-128.
- Ramírez, C; Bocanegra, R; Santacruz, S; Quintero, H; Sandoval, M. 2009. Metodología para estimar los volúmenes máximos de explotación de materiales de arrastre en un río. *Ingeniería y Competitividad* 11(2).
- Reché, I.. 2003. Sensibilidad de los ecosistemas acuáticos a la radiación ultravioleta: el papel de la materia orgánica disuelta. *Ecosistemas* XII(1):1-11.
- Rosgen, DL. 1996. *Applied river morphology*. Ciudad, País, *Wildland Hydrology*.
- Sabater, S.; Elozegi, A.. 2009. Importancia de los ríos. *In* Conceptos y técnicas en ecología fluvial. España, Fundación BBVA.
- Sabater, S.; Donato, C.; Giorgi, A.; Elozegi, A.. 2009. El río como ecosistema. *In* Conceptos y técnicas en ecología fluvial. España, Fundación BBVA.
- Serengil, Y; İnan, M; Yurtseven, İ; Kiliç, Ü; Uygur, B. 2012. Stream corridors as indicators of watershed land use: A case study in Istanbul. *Bosque* 33(3): p.345-352.
- Siles, J; Soares, D. 2003. La fuerza de la corriente: Gestión de cuencas hidrográficas con equidad de género. San José, Costa Rica, UICN y HIVOS.
- Stufflebeam, L; Shinkfield, J. 1987. *Evaluación sistemática: guía teórica y práctica*. Barcelona, España, Paidós.
- UICN (Unión Internacional para la Conservación de la naturaleza). 2000. *Visión del agua y la naturaleza: estrategia mundial para la conservación y manejo sostenible de recursos hídricos en el siglo XXI*. Gland, Switzerland..
- 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; Arrojo Agudo, P; Herrera Grao, T. 2015. *El agua: Perspectiva ecosistémica y gestión integrada*. Zaragoza, España, Fundación Nueva Cultura del Agua. p. 120-184.

# CAPÍTULO 1. Propuesta metodológica para la evaluación integral del estado ecológico de ecosistemas fluviales en la zona intertropical americana

Enriquez-Brambila, Enya Roseli  
Imbach, Alejandro  
Ortíz-Arrona, Claudia Irene  
Chaves, Anny  
Benegas, Laura

## RESUMEN

Se presenta la construcción de una propuesta metodológica para la evaluación del estado ecológico del ecosistema fluvial. Dicha propuesta se desarrolló a partir de la compilación y análisis de 17 metodologías existentes sobre la evaluación y/o caracterización de elementos del ecosistema fluvial; se eligieron 11 para construir la propuesta. Para lograr evaluar la complejidad del ecosistema fluvial, en su estructura y funcionamiento, se desagregaron los componentes que lo conforman y se identificaron elementos que permiten valorar su estado. La desagregación se hizo a partir del esquema PC&I, con el resultado de tres componentes principales (cauce, corriente y ribera), 16 atributos y 51 indicadores de desempeño que conforman el ecosistema fluvial y permiten evaluarlo a partir de la generación de escalas de desempeño para cada indicador mediante la asignación de valores al estado ecológico (Excelente 5, Bueno 4, Aceptable 3, Regular 2, Malo 1). A partir de la asignación de valores se realizó una agregación por medio de moda y principio de precaución para asignarle un estado ecológico a cada escala que nos permitió evaluar el ecosistema fluvial en su conjunto: atributos, componentes, transectos y zonas del ecosistema en el territorio. Para desarrollar dicha evaluación se elaboró un formato de evaluación del ecosistema, hoja de campo y protocolos de aplicación. Las cualidades principales de esta metodología es la integración de diversos componentes del ecosistema a diversas escalas; diferenciación entre cambios naturales y producidos por impactos antrópicos en el estado del mismo; diferenciación de características por zonas (alta, media y baja), época de lluvia o seca, caudales perennes o intermitentes y tipos de valle en el territorio; la utilización conjunta de dos métodos cualitativos en la agregación para determinar el estado ecológico; capacidad de identificar tanto el estado general como focalizar en estados degradados de los elementos del ecosistema en diferentes escalas; el desarrollo de escalas de desempeño para los 51 indicadores; utilidad para la toma de decisión para el manejo de los recursos naturales en ecosistemas fluviales.

**Palabras clave:** ecosistema fluvial, PC&I, formato de evaluación, estado, integridad ecológica

## INTRODUCCIÓN

Los ecosistemas fluviales se componen principalmente de la interacción y dinámica del flujo de agua, su cauce y sus riberas a través del territorio conformando corredores naturales de importancia hidrológica (Bucher *et al.* 1997; Postel y Richter 2010; Moral Ituarte *et al.* 2015), ecológica y social (Camacho y Ruiz 2012; Arrojo 2010; 2015, Vidal-Abarca *et al.* 2015).

A pesar de su gran importancia, los ecosistemas fluviales se encuentran entre los más degradados por la presión humana debido al desarrollo de actividades agrícolas, urbanas

e industriales que alteran directa o indirectamente su estructura y funcionamiento. Dicha situación está llevando a una crisis de su integridad ecológica (Bucher *et al.* 1997; Reché 2003; Arrojo 2010; 2015; Mendoza Cariño 2014).

Por ejemplo, la zona intertropical americana, debido a sus características climáticas y radiación solar, se presenta como una zona con alta producción de biomasa (500 t/ha/año), así como de mayor producción agrícola (Lee 1968), lo que tiene implicaciones en los impactos a los ecosistemas fluviales por el aumento de cambio de uso de suelo para la producción agrícola o ganadera (Bucher *et al.* 1997).

Cabe mencionar que, además de esos impactos, existe una gran variedad de afectaciones al ecosistema fluvial por contaminación, sobreexplotación de recursos y modificación de sus elementos que degradan su estado ecológico y disminuyen su integridad ecológica, así como el bienestar y desarrollo humano (Mendoza Cariño *et al.* 2014).

Lo anterior, denota la necesidad de conocer cuál es el estado ecológico de los ecosistemas fluviales para identificar potencialidades, riesgos u oportunidades de manejo (Arteaga y González 2001; Martínez Fernández 2015).

Actualmente existen diversas metodologías que evalúan estos ecosistemas; sin embargo, estas metodologías tienen limitaciones de uso y se identifican oportunidades de mejora.

En el marco anterior, el presente trabajo tiene como objetivos:

- 1) Analizar las metodologías existentes más usadas y recientes de algunas regiones del mundo sobre la evaluación de ecosistemas fluviales
- 2) Identificar los elementos principales que componen al ecosistema fluvial y estructurarlos bajo un esquema de PC&I
- 3) Proponer una metodología de evaluación de ecosistemas fluviales integral y comparable con base en las características de los territorios hidrológicos de la zona intertropical de América.

Los principales componentes que resultaron de la propuesta metodológica fueron un formato de evaluación con escalas de desempeño y descripción de los diversos estados de cada atributo; hoja y protocolo de campo para la recopilación de información en campo y los criterios de agregación para la evaluación bajo las diversas escalas espaciales del ecosistema fluvial.

Esta propuesta, además de integrar diversas metodologías y los diversos elementos de la estructura y funcionamiento del ecosistema fluvial, también se guió con bases conceptuales de la Directiva del Marco del Agua (DMA) de Europa, la NMX-AA-159-SCFI-2012 y el requerimiento de Mendoza Cariño *et al.* (2014), para la integración de más elementos a evaluar del ecosistema fluvial y así identificar su estado ecológico.

También se siguió el enfoque conservacionista de Ortiz (2002), quien aboga por el uso combinado de criterios biológicos, fisicoquímicos e hidro-morfológicos en la definición del buen estado de una masa de agua, en este caso del estado del ecosistema fluvial.

También se consideran modelos de “gestión de recurso hídrico” con visión “ecosistémica” que promueva estrategias de toma de decisiones y prácticas adecuadas para el mantenimiento y recuperación del buen estado del ecosistema fluvial (Arrojo

2015; Martínez Fernández 2015) y la presencia de la sociedad como parte del ecosistema (la Calle 2015), al integrar en la metodología rangos de afectación de la presencia de impactos antrópicos como factores de cambio de los elementos del ecosistema diferenciándolos de los cambios naturales.

## METODOLOGÍA

La construcción de la propuesta metodológica fue un proceso de recopilación, organización y compilación de información bibliográfica, consultas y/o análisis a investigadores con experiencia en evaluación y conocimiento en componentes del ecosistema fluvial. Dicha construcción se desarrolla bajo las siguientes etapas:

### 1. Revisión bibliográfica y consulta sobre componentes del ecosistema fluvial y metodologías reconocidas que los evalúan

Se analizaron 17 metodologías de evaluación y/o caracterización de componentes del ecosistema fluvial. Los criterios de análisis para permitir al autor elegir qué metodologías utilizar para la construcción de la propuesta metodológica fueron los siguientes:

- a. *Nombre de la metodología, autor, lugar y año*: permite identificar la metodología.
- b. *Lugares en donde se ha aplicado*: permite identificar las características del área de validación y su posible influencia en su elaboración y obtención de datos.
- c. *Componente evaluado*: identifica elementos del ecosistema fluvial.
- d. *Características que se evalúan del componente*: permite identificar los indicadores que evalúan al componente.
- e. *Métodos de obtención de datos*: permite identificar ejemplos de obtención de datos de los componentes: cuantitativa por mediciones o cálculos y cualitativa por estimaciones, observaciones o consultas.
- f. *Valores de escalas de desempeño*: permite identificar ejemplos de escalas del estado del ecosistema fluvial y qué valores los representan.
- g. *Limitaciones*: permite identificar las restricciones de las metodologías y discutir sobre su utilidad.
- h. *Fortalezas*: información o ejemplo de evaluación útil para integrarla a la propuesta desarrollada.

### 2. Estructuración de principios, criterios e indicadores de los componentes del ecosistema fluvial

El esquema de PC&I permite desagregar y estructurar los componentes de un sistema en un orden lógico y jerárquico según la relación que exista entre los componentes, la claridad y aplicabilidad para la meta superior (Furman, citado por Cervantes *et al.* 2009).

Los elementos del esquema de PC&I son: meta superior (*fin o propósito de desagregación*), principio (*componentes principales que sirven de base del razonamiento de la meta superior*), criterio (*descriptores del principio*), indicadores (*medición o estimación que sirve para evaluar el estado del criterio*) (Morán *et al.* 2014) (Figura 4).

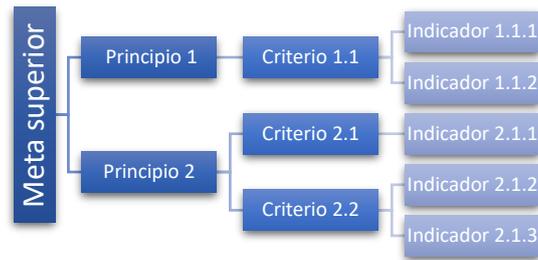


Figura 4. Esquema de principios, criterios e indicadores considerado para desagregar y estructurar los componentes del ecosistema fluvial. Elaboración propia

Con base en los elementos del esquema de PC&I de la propuesta de estructuración de este trabajo, la meta superior es la evaluación del ecosistema fluvial; a los principios se les llamará “componentes”, a los criterios “atributos” y los indicadores se dividirán en dos: aquellos que son solo descriptivos (*de los cuales se obtiene información puntual sobre alguna característica de interés*) y los indicadores de desempeño (*de los cuales se obtiene información a partir de la cual permite evaluar el estado del atributo al que corresponde*).

La construcción del esquema de PC&I para la evaluación del ecosistema fluvial se realizó a partir de la identificación de los elementos que lo conforman con información obtenida del análisis de metodologías y revisión bibliográfica adicional.

Además, se consultó y analizó en conjunto con el comité asesor (*expertos en evaluación y ecosistemas fluviales*), el orden lógico para cada uno de los elementos del ecosistema según el esquema del PC&I.

### 3. Construcción de formato de evaluación y hoja de campo del ecosistema fluvial

**Formato de evaluación.** Para aplicar los indicadores y lograr una evaluación de estos, se generó un estándar de evaluación (Morán *et al.* 2014) a través de la construcción de un formato de evaluación.

Este formato se basó principalmente en los componentes estructurales de las metodologías útiles analizadas (11) y en la herramienta TECH (Tarjeta de evaluación de cuencas hidrográficas), concebida como una herramienta de gerencia estratégica en función de visualizar la realidad biofísica y socioeconómica de la cuenca, habilitada para usuarios sin formación científica, enfocada a actores clave del manejo de recursos naturales y tomadores de decisiones del territorio (Imbach 2006).

Los elementos que componen este formato son: objetivo e importancia del criterio o, en el caso del ecosistema fluvial “atributo”, forma de tomar los datos del indicador, metodologías y bibliografía consultadas, notas a considerar antes de la evaluación, estados de referencia, escalas de desempeño por cada indicador y valor de cada una de las escalas de desempeño (Imbach 2006; Bjorkland *et al.* 2009; Ollero *et al.* 2009; González del Tánago, y García de Jalón 2011; Rinaldi *et al.* 2013; Rodríguez-Ortíz y Ramírez 2015).

a) *Objetivo e importancia del atributo:* las metodologías SVAP, SHS, IQM, RQI lo muestran como una descripción de cada atributo para detallar su importancia y describir

cómo este forma parte del sistema ecológico fluvial permitiendo al evaluador visualizar y entender el elemento a evaluar.

*b) Forma de toma de datos:* permite al evaluador conocer cómo deberá tomar los datos (medición, cálculo, estimación, ubicación, observación) y qué indicadores en campo debe identificar (SHS, RQI, SVAP, IHG, TECH).

*c) Metodología y bibliografía consultada:* se mencionan las metodologías que fueron consultadas y tomadas como referencia para determinar los rangos de cambio de las características de cada indicador, así como el tipo, magnitud y/o clase de abundancia de los impactos antrópicos.

*d) Notas:* espacio donde se advierte al evaluador tomar atención a ciertas características naturales en campo que pueden llegar a confundir o dificultar la evaluación, sugiriendo cómo manejarlas.

*e) Estados de referencia:* permite al evaluador tener una imagen de las características generales del atributo. En algunos atributos se utiliza este espacio para detallar los cambios naturales que este pueda sufrir por la influencia de variables como las épocas de lluvia o seca, zona alta, media o baja en el territorio, tipo de corriente intermitente o perenne o bien la influencia del tipo de valle (González del Tánago y García de Jalón 2011).

*f) Escalas de desempeño:* escala específica para convertir la información del indicador en una escala de juicios, en este caso el juicio es el estado ecológico del sistema fluvial. Se determinaron cinco estados excelente, bueno, aceptable, regular y malo con base a la experiencia de las metodologías analizadas y las aportaciones del comité asesor.

En cada escala de desempeño se determinó el paso de una escala a otra por el cambio de las características de un indicador de su estado natural esperado al real; así como el tipo, la magnitud y clase de abundancia de los impactos antrópicos que afectan al atributo.

Dichas características se basaron en los conceptos, elementos, y especificaciones para la determinación de caudal ecológico en cuencas hidrológicas del Diario Oficial de la Federación la Norma Mexicana NMX-AA-159-SCFI-2012, las modificaciones propuestas por Mendoza Cariño *et al.* 2014 y las descripciones de estados según González del Tánago y García de Jalón 2011.

En concordancia a lo anterior, en el formato de evaluación para cada indicador se detallan los rangos y sus cambios respecto a las escalas de desempeño. De manera general estas son las características de los cinco estados propuestos en esta metodología:

**Excelente:** Mantiene su estructura natural e integridad ecológica según características propias de la zona del territorio en que se encuentre. Tiene una muy alta importancia ecológica y científica ya que provee un hábitat único por su diversidad y funcionamiento, así como una alta calidad y cantidad de servicios ecosistémicos por la nula presencia de impactos antrópicos. Este estado es de gran interés para su conservación y protección para mantener sus características prístinas que actualmente escasean por los cambios antrópicos que ejerce nuestra sociedad.

**Buena:** Mantiene su estructura e integridad ecológica según características propias de la zona del territorio en que se encuentre. Tiene una alta importancia ecológica. A pesar de la presencia de impactos antrópicos ocasionales mantiene la provisión de servicios ecosistémicos con ligeros cambios. O bien se identifican impactos humanos abandonados en donde el ecosistema se encuentra en un proceso de recuperación. Es de interés en la protección y control de impactos para propiciar su recuperación y mantener sus características no impactadas.

**Aceptable:** La estructura e integridad ecológica tienen cambios notables en sus características naturales por la presencia escasa de impactos antrópicos y pueden 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 algunos elementos. Se requieren medidas de restauración y que se eliminen o reduzcan los impactos antrópicos que los afectan tanto como sea posible.

**Regular:** La estructura e integridad ecológica se encuentran significativamente alteradas. Conserva en alguna medida su funcionamiento y servicios básicos, a pesar de haber presentado cambios físicos significativos. Tiene una importancia ecológica media. Con moderada presencia de impactos antrópicos en el ecosistema fluvial. Se recomienda implementar medidas de rehabilitación o restauración. Reducir los impactos antrópicos tantos como sea posible y diseñar medidas de compensación para mejorar las características de los elementos del ecosistema.

**Malo a degradado:** La estructura e integridad ecológica se encuentran severamente alterados. Esto disminuye la calidad y cantidad de los componentes y atributos del ecosistema fluvial. Su importancia ecológica es baja ya que el ecosistema sufre la pérdida de estructura y funcionamiento afectando su capacidad de brindar servicios. Presencia abundante 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, hidro-morfológicas y ecológicas. Reducir las presiones y los impactos tanto como sea posible y trabajar con la percepción social sobre la degradación de su río.

#### ***Valores de escalas de desempeño***

Para cada una de las escalas de desempeño, se asignó un valor del 1 al 5 respectivamente. En donde Excelente = 5, Bueno = 4, Aceptable = 3, Regular = 2 y Malo = 1. Conforme el número es menor, menor será el estado ecológico que representa.

***Hoja de campo.*** Acompañando el formato de evaluación se desarrolló una hoja de campo, la cual también tiene como base algunos de los formatos de metodologías como SVAP2, MQI, RQI, QBR, RARC, IHG, BMWP-CR modificación MX, IVAM, ARA, SHS y EVQ.

En la hoja de campo se describen cada uno de los indicadores de los atributos a evaluar de cada uno de los componentes principales del ecosistema fluvial. Para cada atributo se construyó un cuadro para concentrar la información en donde se detalla qué y cómo obtener la información para cada indicador del atributo a evaluar según la información que demanden las escalas de desempeño de cada indicador.

Esta hoja de campo será utilizada para la recopilación de información de campo para posteriormente evaluar cada indicador y atributo según las escalas de desempeño descritas en el formato de evaluación, otorgando así un valor.

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

Se utilizaron métodos cualitativos para la asignación de valores según las características del ecosistema fluvial, donde a pesar de que se necesitaron algunos métodos cuantitativos para recabar información (parámetros fisicoquímicos, longitudes, alturas, etc.), estos se utilizaron para describir las escalas de desempeño a las cuáles se les asignaron valores (1, 2, 3, 4 y 5) según la cualidad del estado ecológico (malo, regular, aceptable, bueno y excelente) para cada indicador.

Posteriormente se realizó una agregación de los resultados de valoración de cada indicador para poder expresar el estado del conjunto de valores para representarlos en los diversos niveles: atributos, componentes, transectos, zonas del ecosistema fluvial en el territorio y el ecosistema fluvial. La agregación fue a través de métodos cualitativos: moda y principio de precaución.

La agregación por criterio de moda se realizó a través de la identificación del valor con mayor repetición en un universo de números que representaran un nivel superior al que se está evaluando<sup>1</sup>.

En el caso del criterio de agregación por principio de precaución (PP), este se obtuvo al identificar el número con menor valor de un universo de números que representaran un nivel superior al que se está evaluando.

El PP es un enfoque frente a la falta de certeza que consiste en tomar medidas para evitar daños medioambientales graves o irreversibles antes de tener pruebas científicas de dichos daños (Cooney 2004; UNESCO 2005); identificar el valor menor nos permite focalizar a los elementos más degradados y con base a esos límites generar acciones necesarias para recuperar su estado ecológico.

Ambos criterios de agregación son utilizados para evaluar el estado ecológico de los diversos niveles del ecosistema fluvial, debido a que ambos brindan información útil para la toma de decisiones y el reconocimiento del estado ecológico del ecosistema fluvial. El criterio de moda nos permite visualizar el estado general, mientras que el criterio de PP nos permite focalizar los elementos del ecosistema fluvial que se encuentran más afectados.

Con base en esta información, obtenida mediante la combinación de ambos criterios, se lograron generar interpretaciones y decisiones de manejo de manera general y focalizadas, lo que permitió determinar el esfuerzo de restauración, rehabilitación, aprovechamiento y/o conservación de un sitio, así como determinar a qué escalas se efectuaron los esfuerzos.

---

<sup>1</sup> Alejandro Imbach. 25 abril 2018. MSc. Comunicación personal. Turrialba, Costa Rica

#### 4. Elaboración de protocolos de aplicación de la metodología de evaluación

Para desarrollar la aplicación de la propuesta metodológica de evaluación de ecosistemas fluviales, se desarrollaron una serie de protocolos los cuales, así como lo menciona la RAE, permiten establecer un conjunto de reglas y una guía para que el actor interesado desarrolle adecuadamente su evaluación.

El desarrollo de los protocolos se basó en las experiencias y formatos presentados en las diversas metodologías analizadas: SVAP2, MQI, RQI, QBR, RARC, IHG, BMWP-CR, IVAM, ARA, SHS, EVQ (Anexo 1).

La revisión bibliográfica, así como los aprendizajes o ajustes de notas y observaciones registradas en la fase de aplicación de campo de esta metodología en la etapa de validación, se detallará en un segundo artículo del presente documento.

Los protocolos desarrollados fueron tres en razón a las etapas que se sugiere al evaluador interesado que se sigan para una mejor comprensión del área de estudio de interés, las zonas de muestreo, el esfuerzo y recursos a emplear entre otras cosas:

- a. Protocolo de elección y caracterización del área de estudio para la evaluación del ecosistema fluvial.
- b. Protocolo de campo para la recolección de información del ecosistema fluvial elegido: aplicación de herramientas de evaluación (hoja de campo y formato de evaluación del ecosistema fluvial).
- c. Protocolo de evaluación del ecosistema fluvial: agregación de valores por escalas, interpretación de resultados y propuestas de manejo según resultados de evaluación.

Cada uno de estos protocolos permite al evaluador tener una directriz de los métodos y materiales a desarrollar para efectuar la evaluación del ecosistema fluvial de interés.

## RESULTADOS

En este capítulo se presentan los resultados obtenidos en relación con los objetivos uno y dos del estudio. Se exponen los resultados del análisis de metodologías de evaluación y/o caracterización del ecosistema fluvial, el esquema de PC&I para su evaluación, el formato de evaluación y la hoja de campo y los protocolos de aplicación de la evaluación.

### 1. Análisis de metodologías de evaluación y/o caracterización del ecosistema fluvial

En total se analizaron 17 metodologías de evaluación y/o caracterización del ecosistema fluvial. A partir de este análisis se recabó información sobre qué componentes y atributos del ecosistema fluvial están presentes en su estructura y funcionamiento, así como la identificación de cuáles tienen escalas de desempeño y son factibles de medir en campo para su posterior evaluación. Esta información fue utilizada para la construcción del esquema de PC&I del ecosistema fluvial en el capítulo siguiente.

El análisis de las 17 metodologías permitió identificar las siguientes limitantes generales que ayudaron a visibilizar cuáles características se necesitan mejorar o evitar en la propuesta metodológica para innovar en el ámbito de la evaluación del ecosistema fluvial:

1. Metodologías complejas para el uso de técnicos y organizaciones manejadores de recursos naturales.
2. Equipos de análisis y herramientas con alto costo en su implementación.
3. La mayoría se desarrollan bajo características o experiencias de zonas templadas. Las experiencias en zonas tropicales se adaptan a lo propuesto en las anteriores.
4. En algunas no se identifica una diferenciación de los cambios de las características de los componentes del ecosistema fluvial por motivos naturales (zona alta, media y baja del ecosistema fluvial en el territorio, temporadas de lluvia y estiaje, tipo de corriente perene o intermitente) o por impactos antrópicos.
5. Algunos de los elementos que se evalúan son los servicios que provee el ecosistema fluvial, como el hábitat que brinda a especies de interés comercial como los peces, por lo que hay una confusión entre la evaluación de los componentes del sistema ecológico fluvial y la calidad de los servicios que este brinda.
6. Las metodologías no diferencian u otorgan una escala de desempeño a cada indicador que utilizan para determinar el estado de los componentes del ecosistema fluvial que están evaluando. Por lo que confunden al evaluador sobre cuál estado elegir en una mezcla de posibles escenarios según la información que se recaba con los indicadores en campo. Es decir, mezclan indicadores en una sola escala de desempeño, asumiendo erróneamente que estos se correlacionan entre sí, sino que estos pueden presentarse en diversos escenarios en el ecosistema fluvial y afectar a diferentes medidas.
7. En el caso de las metodologías de evaluación, cuando efectúan la agregación de los resultados de evaluación según los valores asignados, lo hacen con métodos cuantitativos como suma o resta a partir de valores cualitativos para generar una agregación y obtener el estado ecológico global del conjunto de elementos del ecosistema fluvial, lo cual no es abordable estadísticamente.

Adicionalmente a la información anterior, también se identificaron fortalezas y utilidades de las metodologías analizadas, permitiendo identificar cuáles utilizar para compilar sus métodos, cifras, protocolos y escalas de desempeño, entre otras cosas, dentro de la propuesta metodológica desarrollada. En la construcción de la propuesta metodológica se incluyeron 11 metodologías, resaltando las siguientes fortalezas y utilidades:

1. Intención de destinar y generar una guía didáctica del uso de la metodología para usuarios tanto científicos como técnicos, tomadores de decisiones, comunidades o individuos con interés en el manejo de recursos naturales en su territorio.
2. Ejemplos de evaluaciones cualitativas de las características de los componentes del ecosistema fluvial y la manera de obtención de la información.
3. Detalla protocolos de aplicación de la evaluación del ecosistema fluvial.
4. Hacen diferenciación de algunos componentes que cambian de manera natural al ecosistema fluvial y permiten diferenciar cambios por actividades antrópicas.
5. Definen condiciones de referencia de algunos elementos del ecosistema fluvial.
6. Brindan un listado de impactos antrópicos que afectan el estado del ecosistema fluvial.

7. Evalúan no solo los elementos del ecosistema fluvial, sino también su funcionalidad y conectividad a través del territorio.
8. Se logra una evaluación bajo diferentes escalas del ecosistema fluvial.
9. Contienen ilustraciones y fotografías que abonan al entendimiento del evaluador.
10. Guía al evaluador sobre la importancia del elemento que está evaluando, qué es lo que debe mirar y cómo generar dicha evaluación.

En la Figura 5 se expone un ejemplo de cómo fue organizada y analizada cada una de las metodologías. Para detalle del lector, el análisis del resto de las metodologías se encuentra en el Anexo 1 del presente documento.

Nombre Autor Lugar Año	Lugares en donde se ha aplicado	Elementos del ecosistema fluvial evaluados	Características que se evalúan del componente	Método de obtención de datos	Valores de escalas de desempeño	Limitaciones	Fortalezas de metodología y aspectos útiles para integrar
<b>1.SVAP2</b> Metodología evaluativa Nombre: <i>Stream Visual Assessment Protocol Versión 2.</i> Autores: Bjorkland, R., Pringle, C. M., & Newton. <i>USDA and NRCS.</i> Lugar: <i>EUA</i> Año: 2009	EUA: estados de Utah, Iowa, South Carolina, Washington.  Dichos estados están ubicados en la zona mediterránea (Köppen, 1948).  Aplicado a zonas de ríos de montaña, con cauces estrechos.	1.Estado del cauce 2. Alteración hidrológica 3. Estado del banco de materiales 4. Cantidad de vegetación ribereña 5. Calidad de vegetación ribereña 6. Cubierta del dosel 7. Apariencia del agua 8. Enriquecimiento de nutrientes 9. Estiércol y basura de humanos presente 10. Pozas 11. Barreras de corriente 12. Complejidad del hábitat para peces	1. Formas y ajustes que afectan el cauce 2. Régimen de inundaciones e impactos antrópicos 3. Área accesible, materiales y estructuras del cauce 4. Estimación de largo y claros en la vegetación 5. Vegetación nativa, diversidad, densidad, edad, invasoras. 6. Sombra del dosel, porcentaje cubierta. 7. Turbidez del agua, claridad apropiada y visibilidad del lecho 8. Claridad de agua, presencia de algas, color y olor. 9. Presencia de ganadería, tuberías,	La información de las características que se evalúan es recopilada por medio de métodos cualitativos en su mayoría como la identificación de especies, observación de apariencia y elementos del cauce, y estimación de	Para cada elemento del ecosistema que evalúa se asignan cuatro escalas de desempeño con valores que varían del 0 al 10, donde el mejor escenario es 10 y 0 el peor.  Se pretende que con este método se identifiquen estados degradado severo, pobre, justo, bueno y excelente.	1. La mayoría de los elementos evaluados busca evaluar el hábitat que provee el cauce a los peces, y no los elementos del ecosistema en sí. 2. Los elementos 2, 9 y 11 no son componentes naturales del EF son impactos, lo cual confunde entre el estado de un componente natural del EF y el factor de cambio antrópico que lo afecta. Sobre evaluándose algunos elementos de la metodología. 3. No diferencia los cambios naturales del ecosistema fluvial en cuanto a la zona alta, media y baja del EF y esto	1. Intención de destinar su uso para de técnicos de campo y conservacionistas. 2. Apto para la evaluación de pequeños ríos como ríos de montaña. No apto para ríos caudalosos. 3. Contempla modificaciones dependiendo de las características físicas, condiciones del cauce, y la historia de los requerimientos acuáticos. 4. Evaluación cualitativa de los atributos evaluados. 5. Detalla un protocolo para las distintas escalas de evaluación del ecosistema fluvial: cuenca, red hídrica,

Figura 5. Análisis de metodologías de evaluación y/o caracterización de ecosistemas fluviales..

Para la elaboración del esquema de PC&I del ecosistema fluvial y la propuesta de evaluación de sus componentes, se eligieron las siguientes 11 metodologías:

### 1. SVAP2. Stream Visual Assessment Protocol Version 2.

Bjorkland, R; Pringle, CM; Newton, B. 2009. A stream visual assessment protocol (SVAP) for riparian landowners. Environmental Monitoring and Assessment. USDA. Version 2.

### 2. MQI: Morphological Quality Index

Rinaldi, M; Surian, N; Comiti, F; Bussettini, 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.

### 3. RQI: Riparian Quality Index

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):0235-254.

#### **4. QBR: Quality of Riparian Habitat**

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.

#### **5. RARC: Rapid Appraisal of Riparian Condition**

Jansen, A; Robertson, A; Thompson, L; Wilson, A. 2005. Development and application of a method for the rapid appraisal of riparian condition.

#### **6. IHG: Índice Hidrogeomorfológico de Sistemas Fluviales**

Ollero, A; Ballarín, D; Mora, D. 2009. Aplicación del índice hidrogeomorfológico: IHG en la cuenca del Ebro. *Guía metodológica*.

#### **7. BMWP-CR y modificaciones para Mx: Protocolo e índice de bioindicadores de la calidad del agua (macroinvertebrados).**

CR: Vásquez, D; Springer, M; Castro, A; Kohlmann, B. 2010. Costa Rica, Universidad EARTH. *Guía Ilustrada*.

MX: Ruiz-Picos, RA; Kohlmann, B; Sedeño-Díaz, JE; 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.

#### **8. IVAM: Índice de vegetación acuática**

Alcaraz, M; Luis, J; Navarro-Llácer, C; de las Heras Ibáñez, J. 2006. Propuesta de un índice de vegetación acuática (IVAM) para la evaluación del estado trófico de los ríos de Castilla-La Mancha: a comparación con otros índices bióticos. *Limnetica*, 25(3)

#### **9. ARA: Active River Area**

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.

#### **9. SHS: Stream Habitat Survey**

Programa de monitoreo voluntario de calidad de agua en Georgia “Adopta una corriente”  
<https://adoptastream.georgia.gov/documents/stream-habitat-survey-form>

#### **10. EVQ: Evaluación Visual de Quebradas en Puerto Rico** Rodríguez Ortiz, NM; Ramírez, AC. 2015. Adaptación del Protocolo de Evaluación Visual de Quebradas para Puerto Rico (Doctoral dissertation).

##### **1. Esquema de PC&I para el ecosistema fluvial**

A partir del análisis de las metodologías de evaluación y/o caracterización del ecosistema fluvial, así como del soporte de material bibliográfico, a continuación se muestra la construcción del esquema de PC&I adaptado a los componentes del ecosistema fluvial. Cada elemento del ecosistema está organizado en un orden lógico para el entendimiento de un sistema complejo y para determinar la manera de su evaluación.

Cabe mencionar que además de presentar los elementos, estos se acompañan de las metodologías ya desarrolladas que los evalúan y que se utilizó para la construcción del formato de evaluación, hoja de campo y protocolos que se detallan mejor en el próximo capítulo. En total se identificaron tres principios como componentes, 16 criterios como atributos y 51 indicadores de desempeño para la evaluación del ecosistema fluvial (Figura 6).

META SUPERIOR	PRINCIPIO   COMPONENTE	CRITERIO   ATRIBUTO	INDICADORES DE DESEMPEÑO
E V A L U A C I Ó N  D E L  E C O S I S T E M A  F L U V I A L	CAUCE	I. Morfología plano y transversal del cauce	1. Cambios en las características naturales de la morfología del cauce
			2. Tipo y presencia de impactos antrópicos que afectan la morfología del cauce
		II. Bancos de sedimentos del cauce	3. Presencia de BS en el cauce
			4. Presencia de vegetación en los BS
			5. Presencia de impactos antrópicos que afectan los BS
		III. Conectividad longitudinal, transversal y vertical del cauce	6. Tipo de barreras longitudinales, transversales y verticales en la superficie del cauce
			7. Presencia de barreras longitudinales, transversales y verticales en la superficie del cauce
			8. Composición de sustrato en el lecho
		IV. Lecho del cauce (estructura y composición)	9. Presencia de materia orgánica, troncos y hojarasca
			10. Presencia de impactos antrópicos en el lecho del cauce
	CORRIENTE	V. Estabilidad de las orillas del cauce	11. Presencia de vegetación y materia orgánica en la superficie de las orillas
			12. Estado de erosión y/o compactación de las orillas del cauce
			13. Presencia de impactos antrópicos que afectan las orillas del cauce
		VI. Configuración de la corriente	14. Configuración de corriente
			15. Tipos de impactos que afectan la configuración de la corriente
			16. Presencia de impactos que afectan la configuración de la corriente
			17. Color del agua y cambios de su estado natural
			18. Olor del agua y cambios de su estado
			19. Abundancia y tipo de vertimientos en la corriente
			20. Abundancia y tipo de basura en la corriente
		21. Bioindicadores de contaminación	
		22. Parámetros fisicoquímicos   alcalinidad	
		23. Parámetros fisicoquímicos   Dureza	
		24. Parámetros fisicoquímicos   Oxígeno Disuelto	
		25. Presencia de algas en la corriente	
		26. Presencia de plantas acuáticas nativas vs exóticas en la superficie de la corriente	
		27. Tipo y presencia de vertimientos en la superficie del cauce	
		28. Tipo de presencia de desechos sólidos orgánicos	
		29. Cambios y presencia de la lámina de agua en el cauce	
		30. Tipos de impactos antrópicos que afectan la cantidad de agua en la corriente	
		31. Presencia de impactos antrópicos	
		32. Frecuencia de inundaciones en la zona del transecto	
		33. Tipos y presencia de impactos antrópicos que afectan el régimen de inundaciones	
RIBERA	XI. Llanura de inundación (conectividad transversal cauce-ribera)	34. Tipos y presencia de restricciones de la conectividad transversal de la llanura de inundación	
		35. Distancia de las restricciones al cauce	
		36. Profundización del cauce y elevación de las orillas	
		37. Presencia de impacto antrópico por remoción de sustrato de la ribera	
	XII. Sustrato de la ribera (estructura y funcionalidad)	38. Presencia de impacto antrópico por desechos	
		39. Presencia de impacto antrópico por compactación o revestimiento	
	XIII. Continuidad transversal de vegetación ribereña	40. Ancho promedio de la vegetación ribereña en el corredor ripario	
		41. Tipos y presencia de impactos antrópicos que afectan la conectividad transversal	
	42. Tipo y porcentaje de cubierta de vegetación ribereña en la ribera		
	43. Fragmentación de vegetación del corredor ribereño		
	44. Tipos y presencia de impactos antrópicos que propician fragmentación		
	45. Composición de especies nativas vs exóticas propias de la vegetación ribereña		
XV. Composición y estructura de la vegetación ribereña	46. Salud de la población arbórea nativa		
	47. Abundancia de especies invasoras		
	48. Abundancia de vegetación secundaria o ruderal		
	49. Composición y presencia de edades en vegetación ribereña		
	50. Presencia de regeneración y ubicación en vegetación ribereña		
XVI. Diversidad de edades y regeneración natural	51. Presencia y tipos de impactos antrópicos que afectan la regeneración natural		

Figura 6. Organización esquemática de los elementos de los ecosistemas fluviales según el esquema de PC&I elaborado para evaluar el estado ecológico de los ecosistemas fluviales de la zona intertropical americana

## 2. Formato de evaluación del estado ecológico del ecosistema fluvial

### Atributo I: Morfología plano y transversal del cauce

**Componente:** CAUCE **Atributo:** Morfología

El objetivo de este atributo es evaluar cualitativamente si los procesos activos y las formas resultantes de este son las esperadas según el tipo morfológico acorde a la zona del tramo de interés (Cuadro 1).

**Observar:** La morfología del cauce en vista plano (esquematación del río desde lo alto; Elliott 2010) y transversal (sección del terreno perpendicular al cauce; Elliot 2010).

**Mediciones por:** Observación en campo, imágenes satelitales y consultas.

**Metodologías consultadas:** SHS A6, MQI AF8, IHG A4, SVAP A1, EVQ A3 y la NMX-AA-159-SCFI-2012

**Nota 1:** Diferenciar por zona

Cuadro 1. Escalas de desempeño de indicadores 1 y 2 del atributo morfología del cauce.

Estados de referencia / natural	Indicadores de desempeño				
	Excelente	Buena	Aceptable	Regular	Mala
<p><b>ZONA ALTA:</b> Cauces donde en visión transversal son estrechos y poco profundos. En visión plano relativamente rectos, con pocas curvaturas y de tamaño pequeño (tipos Aa+ y A según Rosgen 1996). Se identifican en zonas montañosas y de quebradas.</p> <p><b>ZONA MEDIA:</b> Cauces ligeramente sinuosos (B), moderadamente sinuosos con bancos de sedimentos presentes (F y G), sinuosos identificándose zonas de deposición y erosión (C), trezados con hilo múltiple (D) y tortuoso o muy sinuoso (E) según la clasificación de Rosgen (1996), con cauces anchos o trezados. Esta zona es una de las que tiene mayor variabilidad de tipos de cauce, estas características variarán según el tipo de valle, pendiente del tramo y ubicación del tramo en el territorio.</p> <p><b>ZONA BAJA:</b> Cauces tipo anastomados (DA), tortuosos o muy sinuosos (E), moderadamente sinuosos con bancos de sedimentos presentes (F) y sinuosos identificándose zonas de deposición y erosión (C) según Rosgen (1996), donde se identifican los cauces meandriformes con mayor sinuosidad, presencia de redes trezadas, con cortes transversales anchos y pendiente del cauce &lt;2%.</p>					
<b>1. Cambios en las características naturales de la morfología del cauce</b>	Cambios <b>nulos</b> manteniéndose las características morfológicas naturales del cauce según el estado de referencia de la zona correspondiente al tramo.	Cambios <b>ligeros</b> en <10% del cauce (NMX 2012) en las características morfológicas transversales (anchura) y en plano (formas sinuosas, rectilíneas o trezados).	Cambios <b>notables</b> entre 11-39% del cauce (NMX 2012) en las características morfológicas transversales (anchura) y en plano (formas sinuosas, rectilíneas o trezados).	Cambios <b>significativos</b> entre 40-79% del cauce (NMX 2012) en las características morfológicas transversales (anchura) y en plano (formas sinuosas, rectilíneas o trezados).	Cambios <b>severos</b> en >80% del cauce (NMX 2012) en las características morfológicas transversales (anchura) y en plano (formas sinuosas, rectilíneas o trezados).
<b>VALOR</b>	<b>5</b>	<b>4</b>	<b>3</b>	<b>2</b>	<b>1</b>
<b>2. Tipo y presencia de impactos antrópicos que afectan la morfología del cauce</b>	Presencia <b>nula</b> de actividades antrópicas.	Presencia <b>ocasional</b> (<5% de superficie de cauce) (MQI) de impactos presentes o pasados (desvíos del cauce, rellenos de cauce, defensas de margen, escombros, dragado de cauces y/o canalización).	Con presencia <b>escasa</b> (6%-33% de superficie de cauce) (MQI) de impactos presentes o pasados (desvíos del cauce, rellenos de cauces, defensas de margen, escombros, dragado de cauces y/o canalización).	Con presencia <b>moderada</b> (34%-66% de superficie de cauce) (MQI) de impactos presentes o pasados (desvío de cauce, relleno de cauce, defensas de margen, escombros, dragado de cauces y/o canalización).	Con presencia <b>moderada</b> (>67% de superficie de cauce) (MQI) de impactos presentes o pasados (desvío de cauce, relleno de cauce, defensas de margen, escombros, dragado de cauces y/o canalización).
<b>VALOR</b>	<b>5</b>	<b>4</b>	<b>3</b>	<b>2</b>	<b>1</b>

**Atributo II: Bancos de sedimentos en el cauce**

**Principio:** CAUCE **Criterio:** Bancos de sedimentos

El objetivo de este atributo es evaluar cualitativamente si los procesos de sedimentos o erosión de cada zona del territorio se encuentran en una dinámica natural o están afectados por las actividades humanas. Este atributo es la reflexión de la estabilidad de los bancos de sedimentos como franjas e islas identificadas en los cauces (cuadros 2, 3 y 4).

**Observar:** En el tramo de evaluación debe identificarse la presencia o ausencia de bancos de sedimentos, tipo de sedimentos, su ubicación (mitad del cauce y/o márgenes), formas (franjas/barras o isletas) y su estabilidad respecto a la abundancia de vegetación en ellos.

**Mediciones por:** Observación en campo, imágenes satelitales y consultas.

**Metodologías consultadas:** IQM AF8, SHS A4, EVQ A6.

**Nota 1:** Identificar la época (seca – lluvia) en que se está evaluando. En el área intertropical americana en época de secas se identifica con mayor facilidad la presencia de bancos, en época de lluvia se recomienda no evaluar este atributo, pues los cambios son de manera natural y pueden sobreestimar los valores.

*Cuadro 2. Escalas de desempeño de indicadores 3, 4 y 5 de bancos de sedimentos en cauce alto*

Estado de referencia	<b>ZONA ALTA:</b> Zona de provisión de sedimentos, erosión vertical del río, corrientes fuertes, pendientes pronunciadas y si hay presencia de bancos son estables y con vegetación abundante.				
Estado	Excelente	Buena	Aceptable	Regular	Mala
	<b>Indicadores de desempeño</b>				
<b>3. Presencia de bancos de sedimentos en el cauce</b>	En más del 90% del tramo <b>ausencia</b> de bancos sedimentarios. Si hay presencia -10% están en contacto directo con colinas o antiguas terrazas, (Briely; Fryirs 2005).	Presencia <b>ocasional</b> (10-25%) (EVQ) en contacto directo con colinas (Briely; Fryirs 2005).	Presencia <b>escasa</b> (26-50%) (EVQ) en contacto directo con colinas (Briely; Fryirs 2005).	Presencia <b>moderada</b> (51-75%) (EVQ) en los márgenes y dentro del cauce. Debido a una erosión significativa en las partes de la cuenca por tala, incendios, suelo expuesto sin vegetación.	Presencia <b>abundante</b> (>76%) (EVQ) en los márgenes y dentro del cauce. Debido a una erosión severa en las partes de la cuenca por tala, incendios, suelo expuesto sin vegetación, etc.
Escala desempeño	<b>5</b>	<b>4</b>	<b>3</b>	<b>2</b>	<b>1</b>
<b>4. Presencia de vegetación en los bancos de sedimento</b>	Presencia <b>abundante</b> de vegetación >80% de la superficie del banco de sedimentos.	Presencia <b>moderada</b> de vegetación 40-79% en la superficie de los bancos de sedimentos.	Presencia <b>escasa</b> de vegetación 11-39% en la superficie de los bancos de sedimentos. Bancos inestables erosionables.	Presencia <b>ocasional</b> de vegetación <10% en la superficie de los bancos de sedimentos. Bancos inestables erosionables.	Presencia <b>nula</b> de vegetación en la superficie de los bancos de sedimentos.
Escala desempeño	<b>5</b>	<b>4</b>	<b>3</b>	<b>2</b>	<b>1</b>
<b>5. Presencia de impactos antrópicos que afectan los bancos de sedimentos</b>	Presencia <b>nula</b> de actividades antrópicas en los bancos de sedimentos.	Presencia <b>ocasional o en restauración</b> (<10% de superficie) de actividades antrópicas (rellenos, basura, extracción pétreo, dragado, incendios etc.) en los bancos de sedimentos.	Presencia <b>escasa</b> (11-39%) de actividades antrópicas (rellenos, basura, extracción pétreo, dragado, incendios etc.) en los bancos de sedimentos.	Presencia <b>moderada</b> (40-79%) de actividades antrópicas (rellenos, basura, extracción pétreo, dragado, incendios etc.) en los bancos de sedimentos.	Presencia <b>abundante</b> (>80%) de actividades antrópicas (rellenos, basura, extracción pétreo, dragado, incendios etc.) en los bancos de sedimentos. En caso de canalización.
Escala desempeño	<b>5</b>	<b>4</b>	<b>3</b>	<b>2</b>	<b>1</b>

*Cuadro 3. Escalas de desempeño de indicadores 3, 4 y 5 del atributo bancos de sedimento del cauce medio*

Estado de referencia	<b>ZONA MEDIA:</b> Zona de transporte de sedimentos, procesos naturales de erosión y sedimentación (meandros). Composición de arena y/o finos sedimentos, bancos estables con vegetación.				
Estado	Excelente	Buena	Aceptable	Regular	Mala
	<b>Indicadores de desempeño</b>				
	Presencia <b>moderada</b> (61-75%) de bancos,	Presencia <b>moderada</b> (51-60%) de bancos, en	Presencia <b>escasa</b> (26-50%) de bancos, en	Presencia <b>ocasional</b> (10-25%), en cauce tipo	Presencia <b>nula</b> de bancos en cauce tipo C

<b>3. Presencia de bancos de sedimentos en la superficie del cauce</b>	en cauce C se identifican en los márgenes del cauce (franjas); en el D y E dentro (isletas). En F, G y B la presencia de bancos es <b>ocasional</b> (<10%).	cauce C se identifican en los márgenes del cauce (franjas); en el D y E dentro (isletas). En F, G y B la presencia de bancos es <b>ocasional</b> (10-24%).	cauce C se identifican en los márgenes del cauce (franjas) y en el D y E dentro (isletas). En F, G y B la presencia de los bancos es <b>escasa</b> (25-50%) de la superficie del cauce.	C (franjas) y D y E (isletas) (extracción). En los tipos F, G y B la presencia <b>moderada</b> (51-75%) de bancos en la superficie del cauce (sedimentación – erosión de la cuenca).	(franjas) y D y E (isletas) (debido a extracción). En los tipos F, G y B la presencia <b>abundante</b> (>76%) de bancos en la superficie del cauce (sedimentación – erosión de la cuenca).
Escala desempeño	<b>5</b>	<b>4</b>	<b>3</b>	<b>2</b>	<b>1</b>
<b>4. Presencia de vegetación en los bancos de sedimento</b>	Presencia <b>abundante</b> de vegetación >80% de la superficie del banco de sedimentos.	Presencia <b>moderada</b> de vegetación 40-79% en la superficie de los bancos de sedimentos.	Presencia <b>escasa</b> de vegetación 11-39 % en la superficie de los bancos de sedimentos.	Presencia <b>ocasional</b> de vegetación <10% en la superficie de los bancos de sedimentos. Bancos inestables erosionables.	Presencia <b>nula</b> de vegetación en la superficie de los bancos de sedimentos. Bancos inestables erosionables.
Escala desempeño	<b>5</b>	<b>4</b>	<b>3</b>	<b>2</b>	<b>1</b>
<b>5. Presencia de impactos antrópicos que afectan los bancos de sedimentos</b>	Presencia <b>nula</b> de actividades antrópicas en los bancos de sedimentos.	Presencia <b>ocasional o en restauración</b> (<10% de superficie) de actividades antrópicas (rellenos, basura, extracción pétreo, dragado, incendios etc.) en los bancos de sedimentos.	Presencia <b>escasa</b> (11-39%) de actividades antrópicas (rellenos, basura, extracción pétreo, dragado, incendios etc.) en los bancos de sedimentos.	Presencia <b>moderada</b> (40-79%) de actividades antrópicas (rellenos, basura, extracción pétreo, dragado, incendios etc.) en los bancos de sedimentos. O canalización del cauce.	Presencia <b>abundante</b> (>80%) de actividades antrópicas (rellenos, basura, extracción pétreo, dragado, incendios etc.) en los bancos de sedimentos. O canalización del cauce
Escala desempeño	<b>5</b>	<b>4</b>	<b>3</b>	<b>2</b>	<b>1</b>

Cuadro 4. Escalas de desempeño de indicadores 3, 4 y 5 del atributo bancos de sedimento del cauce bajo

Estado de referencia	<b>ZONA BAJA:</b> Zona de deposición de sedimentos, dinámica fluvio – marina, pendientes casi nulas. Composición de grava y arena, bancos estables con vegetación.				
<b>Estado</b>	<b>Excelente</b>	<b>Buena</b>	<b>Aceptable</b>	<b>Regular</b>	<b>Mala</b>
	<b>Indicadores de desempeño</b>				
<b>3. Presencia de bancos de sedimentos en el cauce</b>	Presencia <b>moderado - abundante</b> (>76 %) de bancos. Con formaciones de franjas e isletas en contacto con los márgenes y/o a mitad de este, según la dinámica de sinuosidad.	Presencia <b>moderada</b> (51-75%) de bancos. Con formaciones de franjas e isletas en contacto con los márgenes y/o a mitad de este, según la dinámica de sinuosidad.	Presencia <b>escasa</b> (26-50%) de bancos cubriendo el cauce. Con formaciones de franjas e isletas en contacto con los márgenes y/o a mitad de este, según la dinámica de sinuosidad.	Presencia <b>ocasional</b> (10-25%) o <b>mayor a 90%</b> de bancos cubriendo el cauce. Con formaciones de franjas e isletas en contacto con los márgenes y/o a mitad de este, según la dinámica de sinuosidad.	Presencia <b>nula</b> de bancos en el cauce. bancos cubriendo en su totalidad <b>100%</b> la superficie del cauce (erosión severa de la cuenca).
Escala desempeño	<b>5</b>	<b>4</b>	<b>3</b>	<b>2</b>	<b>1</b>
<b>4. Presencia de vegetación en los bancos de sedimento</b>	Presencia <b>abundante</b> de vegetación >80% de la superficie del banco de sedimentos.	Presencia <b>moderada</b> de vegetación 40-79% en la superficie de los bancos de sedimentos.	Presencia <b>escasa</b> de vegetación 11-39 % en la superficie de los bancos de sedimentos.	Presencia <b>ocasional</b> de vegetación <10% en la superficie de los bancos de sedimentos. Bancos inestables erosionables.	Presencia <b>nula</b> de vegetación en la superficie de los bancos de sedimentos. Bancos inestables erosionables.
Escala desempeño	<b>5</b>	<b>4</b>	<b>3</b>	<b>2</b>	<b>1</b>
<b>5. Presencia de impactos antrópicos que afectan los bancos de sedimentos</b>	Presencia <b>nula</b> de actividades antrópicas en los bancos de sedimentos.	Presencia <b>ocasional o en restauración</b> (<10% de superficie) de actividades antrópicas (desmonte, incendios, deslaves o erosión, etc.) en los bancos de sedimentos.	Presencia <b>escasa</b> (11-39%) de actividades antrópicas (desmonte, incendios, deslaves o erosión, etc.) en los bancos de sedimentos.	Presencia <b>moderada</b> (40-79%) de actividades antrópicas (desmonte, incendios, deslaves o erosión, etc.) en los bancos de sedimentos. Canalización del cauce.	Presencia <b>abundante</b> (>80%) de actividades antrópicas (desmonte, incendios, deslaves o erosión, etc.) en los bancos de sedimentos. Canalización del cauce.
Escala desempeño	<b>5</b>	<b>4</b>	<b>3</b>	<b>2</b>	<b>1</b>

### Atributo III: Conectividad longitudinal, transversal y vertical del cauce

**Principio:** CAUCE **Criterio:** Conectividad

El objetivo de este atributo es identificar el estado de la conectividad tanto longitudinal como transversal y vertical del cauce, determinando si no está siendo afectada por posibles infraestructuras que representen barreras u obstrucciones para la dinámica de la conectividad entre ciclos (agua, sedimentos, nutrientes, biológicos) de diversos componentes del ecosistema fluvial a través del territorio, ya que si estos resultan afectados la integridad ecológica se ve afectada (Cuadro 5).

**Observar:** En el tramo de evaluación debe identificarse la presencia o ausencia de infraestructura o actividades antrópicas que representen barreras u obstrucciones entre la conectividad longitudinal (conexión ininterrumpida de los procesos y elementos que configuran el cauce y conforman su morfología en una línea longitudinal continua en el territorio (Vannote *et al.* 1980); transversal (sección del terreno perpendicular a la corriente, conexión entre el cauce, la corriente y la ribera); y vertical (conexión de la zona hiporréica del cauce con el freático o cuerpos de agua subterráneos (Ollero 2009).

**Mediciones por:** Observación en campo, imágenes satelitales y consultas.

**Metodologías consultadas:** SVAP A2-A11, IHG A5, MQI A3, RQI A6-A7, QBR A4

**Nota:** Este atributo puede ser afectado ya se por la presencia de barreras u obstrucciones a la conectividad de las diversas dimensiones del cauce, o por la afectación en los ciclos de los componentes del ecosistema que las infraestructuras (barreras) puedan representar.

*Cuadro 5. Escala desempeño de indicadores 6 y 7 del atributo conectividad longitudinal, transversal y vertical del cauce*

Estado de referencia	Se mantiene natural y funcional la conectividad longitudinal (vista en plano), transversal (ribera – cauce – ribera) y vertical (cauce – zona hiporréica), acorde a las características de cada zona alta, media y baja. Sin impactos.				
Indicadores	Excelente	Buena	Aceptable	Regular	Mala
<b>Indicadores de desempeño</b>					
<b>6. Tipo de barreras longitudinales, transversales y verticales en la superficie del cauce</b>	<i>Sin barreras.</i>	<i>Barreras con materiales con alta permeabilidad. Tipo embalses, paredes con rocas de río o construcciones abandonadas y renaturalizadas.</i>	<i>Barreras con materiales permeables, barreras con escombros, construcciones con madera, troncos o rocas de río.</i>	<i>Barreras con materiales de cemento, casas, puentes y escombros de construcciones de concreto. Derivo del cauce sin concreto.</i>	<i>Barreras de concreto: puentes, embalses, diques de contención, gaviones, derivados. En caso de canalización y revestimiento de cemento del cauce.</i>
<i>Escala desempeño</i>	<b>5</b>	<b>4</b>	<b>3</b>	<b>2</b>	<b>1</b>
<b>7. Presencia de barreras longitudinales, transversales y verticales en la superficie del cauce</b>	<i>Presencia nula de impactos antrópicos que creen barreras en la superficie del cauce afectando su conectividad longitudinal, transversal y vertical.</i>	<i>Presencia ocasional (&lt;10%) de impactos antrópicos que creen barreras en la superficie del cauce afectando su conectividad longitudinal, transversal y vertical.</i>	<i>Presencia escasa (11–39%) de impactos antrópicos que creen barreras en la superficie del cauce afectando su conectividad longitudinal, transversal y vertical.</i>	<i>Presencia moderada (40–79%) de impactos antrópicos que creen barreras en la superficie del cauce afectando su conectividad longitudinal, transversal y vertical.</i>	<i>Presencia abundante (&gt;80%) de impactos antrópicos que creen barreras en la superficie del cauce afectando su conectividad longitudinal, transversal y vertical.</i>
<i>Escala desempeño</i>	<b>5</b>	<b>4</b>	<b>3</b>	<b>2</b>	<b>1</b>

**Atributo IV: Lecho del cauce (estructura y composición)**

**Principio:** CAUCE      **Criterio:** Lecho

El objetivo de este atributo es evaluar la composición y estructura que conforma el lecho del cauce, para identificar si ha sufrido cambios de sus características naturales por impactos antrópicos (Cuadro 6).

**Observar:** El lecho del cauce, identificar los diversos tipos, tamaños y abundancia de sustratos: roca madre, bloques >25 cm, cantos rodados 6–25 cm, guijarros 2–6 cm, grava .2–2 cm, arena .006-.2 cm y limo <0,006 (Sabater; Elosegui 1996; Wentworth 1922) y materia orgánica (troncos, ramas, raíces, hojarasca, detritus) que lo conforman. Además, identificar las actividades antrópicas que puedan afectar la integridad ecológica del atributo y los usos que se le da.

**Consultar:** Sobre cambios en la estructura de sustrato y los factores de cambio ya sean antrópicos o naturales como eventos extremos de crecidas.

**Mediciones por:** Observación en campo y consultas.

**Metodologías consultadas:** IHG A5; SVAP A15; SHS A1 y A2; MQI F1, V123, F10 Y 11; QBR A5.

Cuadro 6. Escala desempeño de indicadores 8, 9 y 10 del atributo lecho del cauce

Estado de referencia	<p><b>Zona Alta:</b> El sustrato predominante es por bloques, guijarros y grava en conjunto con la diversidad de los demás sustratos y materia orgánica (Rosguen, 1996).  <b>Zona Media:</b> El sustrato predominante varía de la parte media-alta a la media-baja, en donde de forma descendente se inicia con una predominancia de exposición de roca madre y bloques en valles confinados, en valles abiertos se identifica la predominancia de cantos rodados, grava, arena en conjunto con la diversidad de los demás sustratos y materia orgánica.  <b>Zona Baja:</b> El sustrato predominante es la grava y arena, en conjunto con la diversidad de los demás sustratos y materia orgánica. No se identifica la presencia de roca madre y bloques (Rosguen, 1996).</p>				
Estados	Excelente	Buena	Aceptable	Regular	Mala
<b>8. Composición de sustrato en el lecho</b>	El sustrato es <b>heterogéneo</b> compuesto por al menos <b>5 tipos de sustrato</b> (en zona baja se aceptan 4 tipos de sustrato si la roca madre no está expuesta)	El sustrato es <b>heterogéneo</b> compuesto por al menos <b>4 tipos de sustrato</b>	Mayor presencia de un tipo de sustrato <b>afectando ligeramente</b> su diversidad, presencia de <b>al menos tres tipos</b> de sustrato.	Mayor presencia de un tipo de sustrato <b>afectando significativamente</b> su diversidad y <b>propiciando la homogeneidad de sustrato, al menos dos tipos de sustrato.</b>	El sustrato es <b>homogéneo</b> compuesto por un tipo de sustrato  <b>En caso de revestimiento de cemento del lecho.</b>
Escala desempeño	<b>5</b>	<b>4</b>	<b>3</b>	<b>2</b>	<b>1</b>
<b>9. Presencia de materia orgánica, troncos y hojarasca</b>	Materia orgánica, troncos y hojarasca <b>heterogénea</b> y <b>abundante (&gt;80%)</b> presencia en la superficie del lecho cubierta.	Materia orgánica, troncos y hojarasca <b>heterogénea</b> y <b>con moderada (40–79%)</b> presencia en la superficie del lecho cubierta.	Materia orgánica, troncos y hojarasca <b>con escasa (11–39%)</b> presencia en la superficie del lecho cubierta.	Materia orgánica, troncos y hojarasca <b>homogénea</b> y <b>con ocasional (&lt;10%)</b> presencia en la superficie del lecho cubierta.	Materia orgánica, troncos y hojarasca <b>con presencia nula</b> en la superficie del lecho cubierta.
Escala desempeño	<b>5</b>	<b>4</b>	<b>3</b>	<b>2</b>	<b>1</b>
<b>10. Presencia de impactos antrópicos en el lecho del cauce</b>	Presencia <b>nula</b> de impactos antrópicos y alteraciones en la composición natural del lecho.	Presencia <b>ocasional (&gt;10%)</b> de impactos antrópicos que afectan la estructura del lecho (dragado, extracciones, canalización, basura, construcciones, relleno, escombros, caminos) O bien impactos <b>abandonados</b> y en proceso de <b>renaturalización/sucesión.</b>	Presencia <b>escasa (11–39%)</b> de impactos antrópicos que afectan la estructura del lecho (dragado, extracciones, canalización, basura, construcciones, relleno, escombros, caminos) en la superficie del cauce.	Presencia <b>moderada (40–79%)</b> de impactos antrópicos que afectan la estructura del lecho (dragado, extracciones, canalización, basura, construcciones, relleno, escombros, caminos) en la superficie del cauce.	Presencia <b>abundante (&gt;80%)</b> de impactos antrópicos que afectan la estructura del lecho (dragado, extracciones, canalización, basura, construcciones, relleno, escombros, caminos) en la superficie del cauce. O en caso de <b>revestimiento total</b> de la superficie del lecho.
Escala desempeño	<b>5</b>	<b>4</b>	<b>3</b>	<b>2</b>	<b>1</b>

## Atributo V: Estabilidad de las orillas del cauce

**Principio:** CAUCE      **Criterio:** Orilla

El objetivo de este atributo es evaluar la estabilidad de las orillas para identificar si su dinámica dentro del ecosistema se encuentra de manera natural o afectada por actividades antrópicas. Cabe mencionar que las orillas están expuestas a procesos de erosión naturales debido a la dinámica de la corriente; sin embargo, existen escenarios que afectan dicha dinámica tales como una **nula** erosión, afectando la dinámica de ciclos de sedimentos y nutrientes claves para el ecosistema, así como la **excesiva** erosión por suelo desnudo o actividades antrópicas directas, que repercuten en la sedimentación y pérdida de suelo (IQM) (Cuadro 7).

**Observar:** Los márgenes del cauce, tanto el izquierdo como el derecho, de manera separada, para identificar el estado de cada uno. Una vez identificados estimar la abundancia de erosión y/o compactación de las orillas, así como la presencia y tipo de vegetación (arbustos, herbáceas, árboles, cultivos, etc.). Además, observar los tipos y abundancia de impactos en orillas.

**Metodologías consultadas:** SVAP A9; QBR A6; IQM F4; RQI A5; SHS A8; RQI A5.

**Nota:** Los cauces de tipo meandriformes o con alta sinuosidad tienden a tener un alto porcentaje de procesos erosivos y de sedimentación de manera natural debido a la dinámica de su configuración con el territorio y la corriente. Los cauces rectos o de poca sinuosidad y con alta velocidad de corriente, tienen procesos erosivos verticales locales.

Cuadro 7. Escala desempeño de indicadores 11, 12 y 13 del atributo estabilidad de las orillas

Estado de referencia	Las orillas de ambos márgenes se encuentran en un estado natural e inalterado; en contacto con los bancos de sedimentos del cauce				
Estado	Excelente	Buena	Aceptable	Regular	Mala
	<i>Indicadores de desempeño</i>				
<b>11. Presencia de vegetación y materia orgánica en la superficie de las orillas</b>	<i>Abundante (&gt;80%) y diversa presencia de vegetación y materia orgánica en los márgenes de las orillas del cauce.</i>	<i>Moderada (40–79%) y diversa presencia de vegetación y materia orgánica en los márgenes de las orillas del cauce.</i>	<i>Escasa (11–39%) presencia de vegetación y materia orgánica en los márgenes de las orillas del cauce.</i>	<i>Ocasional (&lt;10%) y homogénea presencia de vegetación y materia orgánica en los márgenes de las orillas del cauce.</i>	<i>Nula presencia de vegetación y materia orgánica en los márgenes de las orillas del cauce.</i>
<i>Escalas desempeño</i>	<b>5</b>	<b>4</b>	<b>3</b>	<b>2</b>	<b>1</b>
<b>12. Estado de erosión y/o compactación de las orillas</b>	<i>Procesos de erosión y sedimentación local asociados con la dinámica natural del tipo de cauce (meandros, cauces rectiformes) sin relacionarse con impactos antrópicos. Nula presencia de compactación de suelo.</i>	<i>Estabilidad ligeramente afectada (&lt;25% del margen) por erosión o compactación de las orillas por impactos antrópicos (QBR A6) 60% de la longitud total con procesos de erosión y sedimentación local asociados con dinámica natural del cauce</i>	<i>Estabilidad notablemente afectada (26-50% del margen) por erosión o compactación de las orillas por impactos antrópicos (QBR A6).</i>	<i>Estabilidad significativamente afectada (51-5% del margen) por erosión o compactación de las orillas por impactos antrópicos (QBR A6)</i>	<i>Estabilidad severamente afectada (&gt;76% del margen) por erosión o compactación de las orillas por impactos antrópicos (QBR A6)</i>
<i>Escalas desempeño</i>	<b>5</b>	<b>4</b>	<b>3</b>	<b>2</b>	<b>1</b>
<b>13. Presencia de impactos antrópicos que afectan las orillas del cauce</b>	<i>Presencia nula de impactos antrópicos en las orillas del cauce.</i>	<i>Presencia ocasional (&lt;10%) de impactos antrópicos (dragado, extracción, compactación, tala, incendios, paso de ganado o vehículos, etc.). O bien impactos abandonados y en proceso de renaturalización/sucesión.</i>	<i>Presencia escasa (10-30%) de impactos antrópicos (dragado, extracción, compactación, tala, incendios, paso de ganado o vehículos, etc.) en superficie de orillas. 30% con arreglos de bioingeniería, acreción bancaria debido a sedimentos finos. Aumento de la altura de la orilla.</i>	<i>Presencia moderada (30-60%) de impactos antrópicos (dragado, extracción, compactación, tala, incendios, paso de ganado o vehículos, etc.) en superficie de orillas. 30–60% con arreglos de bioingeniería, acumulación de sedimentos. Aumento o profundización de la pared de la orilla</i>	<i>Presencia abundante (&gt;60%) de impactos antrópicos (dragado, extracción, incendios, compactación, tala, paso de ganado o vehículos) &gt;60% con arreglos de bioingeniería, acumulación de sedimentos. Aumento o profundización de la pared de la orilla. O cuando orillas están cubiertas por concreto</i>
<i>Escalas desempeño</i>	<b>5</b>	<b>4</b>	<b>3</b>	<b>2</b>	<b>1</b>

## Atributo VI: Configuración de la corriente

**Principio:** Corriente **Criterio:** Diversidad y configuración

El objetivo de la evaluación de este atributo es identificar la presencia y configuración de la diversidad de flujos y tipos de hábitats, ya que se relacionan con la capacidad de las corrientes de proporcionar y mantener un entorno acuático estable a través de la distribución de nutrientes y oxígeno, el movimiento de materiales y la dispersión de energía. Por lo que, al identificar cambios en sus características y estado por impactos antrópicos, permite identificar si la integridad ecológica está siendo afectada (**SHS, IQM**) (Cuadro 8).

**Observar:** En el transecto de evaluación debe observarse la corriente superficial (lámina de agua presente), identificando la diversidad y la configuración de los tipos de flujo de corriente: rápidos (*rifles*), remansos (*run*), pozas (*pools*), pasos (*steps*) y cascadas (*cascade*).

**Mediciones por:** Observación en campo y consultas.

**Metodologías consultadas:** SAVAP A10; SHS A3; EVQ A9; IQM F6

**Nota:** El atributo se ve influenciado por el factor de la pendiente y el sustrato en el cauce, dado que este factor tiende a cambiar según la ubicación del ecosistema fluvial y el tipo de cauce.

Cuadro 8. Escala desempeño de indicadores 14, 15 y 16 del atributo configuración de la corriente

Estado de referencia	<p><b>Zona Alta:</b> En transectos con pendientes elevadas, cauces tipo Aa+ y A y por el relieve montañoso es común identificar cascadas y rápidos (Sabater y Elosegui 2009) como una de las configuraciones predominantes; sin embargo, estos se configuran con la diversidad de los otros tipos de corriente, generando hábitats heterogéneos.</p> <p><b>Zona Media:</b> Los tipos de corriente variarán según el acercamiento o alejamiento a zonas montañosas o planas, en pendientes elevadas predominarían las cascadas y los rápidos, en pendientes medias son estructuras típicas de pasos y pozas, y en pendientes menores una alternancia de remansos y pozas (Elosegui y Sabater 2009); sin embargo, estos se configuran con la diversidad de los otros tipos de corriente, generando hábitats heterogéneos.</p> <p><b>Zona Baja:</b> El tipo de corriente predominante por pendientes menores es de remansos y pozas, configurándose con la diversidad de los otros tipos de corriente, no se presentan cascadas naturales.</p>				
	Excelente	Buena	Aceptable	Regular	Mala
	<i>Indicadores de desempeño</i>				
<b>14. Configuración de corriente</b>	Diversidad de flujo es <b>heterogénea</b> . Genera configuración <b>natural</b> a través del transecto con <b>cinco</b> tipos de corriente presentes ( <b>zonas bajas cuatro</b> tipos en ausencia de cascadas).	La diversidad de flujo es <b>heterogénea</b> y generan una configuración <b>natural</b> a través del transecto con <b>cuatro</b> tipos de corriente presentes.	La diversidad y configuración de flujo se encuentran <b>notablemente modificada</b> con al menos <b>tres tipos de corriente</b> , con un tipo dominante.	La diversidad y configuración de flujo se encuentran <b>significativamente alterados</b> y se reduce a al menos <b>dos tipos de corriente</b> .	La diversidad y configuración de flujo se encuentran <b>severamente alterados</b> y se reduce a <b>un tipo de corriente</b> , volviéndose <b>homogéneo</b> .
<i>Escalas desempeño</i>	<b>5</b>	<b>4</b>	<b>3</b>	<b>2</b>	<b>1</b>
<b>15. Tipos de impactos que afectan la configuración de la corriente</b>	Nula presencia de impactos.	Impactos: barreras con materiales permeables, contenciones con rocas. Con poca afectación como embalses pequeños y/o extracción local. O construcciones abandonadas y renaturalizadas.	Barreras con materiales permeables, barreras con escombros, construcciones con madera, troncos o rocas de río.	Barreras con materiales de cemento, casas, puentes y escombros de construcciones de concreto. Embalses grandes con cemento. Derivo del cauce sin concreto.	Barreras de concreto: diques de contención perpendiculares a la corriente, gaviones, derivados. En caso de presas. En caso de canalización y revestimiento de cemento del cauce.
<i>Escalas desempeño</i>	<b>5</b>	<b>4</b>	<b>3</b>	<b>2</b>	<b>1</b>
<b>16. Presencia de impactos que afectan la configuración de la corriente</b>	Nula presencia y afectación de impactos humanos es nula.	Presencia de impactos humanos <b>ocasional</b> (<10%) en la superficie de la corriente. O impactos <b>abandonados</b> y en renaturalización.	Presencia de impactos humanos <b>escasa</b> (11-39%) en la superficie de la corriente.	Presencia de impactos humanos <b>moderada</b> (40-79%) en la superficie de la corriente.	La presencia y afectación de impactos humanos es <b>abundante</b> (>80%) de la superficie de la corriente. Al identificar presencia de canalización o embalsado en >80%.
<i>Escalas desempeño</i>	<b>5</b>	<b>4</b>	<b>3</b>	<b>2</b>	<b>1</b>

## Atributo VII: Calidad de agua

**Principio:** Corriente **Criterio:** Calidad

El objetivo de la evaluación de este atributo es identificar la calidad de la corriente a través de observaciones cualitativas y aplicación de al menos 1 o 2 metodologías que logren recabar información sobre el estado de contaminación que afecta la integridad ecológica del ecosistema fluvial (Cuadro 9).

**Observar:** Apariencia de la corriente, identificar cambios en olor y color de la corriente, identificar impactos que propicien contaminación en la corriente, consultar a los habitantes del territorio si la corriente ha sufrido cambios significativos de apariencia, identificar los valores de los componentes físico-químicos del agua e identificar la sensibilidad de contaminación de al menos una biota que habite en la corriente.

**Toma de datos por:** Observación cualitativa por apariencia, consultas de cambios de apariencia de la corriente, parámetros fisicoquímicos y/o bioindicadores.

**Metodologías consultadas:** VAQ A1, SVAP A7, BMWP CR, Alabama WMQ; SHS, ARA A5.

**Metodología aplicada:** Parámetros fisicoquímicos con el *kit* de monitoreo Alabama *Water Quality Monitoring* | BMWP-CR *modificación para Mx*.

**Nota 1:** Existen diversas metodologías para determinar la calidad de un cuerpo de agua; se recomienda utilizar aquellas que se adecuen al tiempo, apoyo técnico y financiamiento accesible al área de evaluación. Una vez seleccionada, adecuarla al formato de evaluación aquí presente, sobre los cinco valores del estado de calidad según los rangos que contenga la metodología o el reglamento de calidad que al territorio interese.

**Nota 2:** En caso de tener resultados diferentes de físico-químicos y bioindicadores, basarse en este último.

Cuadro 9. Escala desempeño de indicadores 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23 y 24 del atributo calidad de agua

Estado referencia	<i>La corriente se encuentra sin cambios al color y olor natural, sin presencia de contaminantes, la vida silvestre puede desarrollarse y no presenta una amenaza a la salud humana y ambiental.</i>				
Estados	Excelente	Buena	Aceptable	Regular	Mala
<i>Indicadores de desempeño</i>					
<b>17. Color del agua y cambios de su estado natural.</b>	<i>Incolora, sin cambios al color natural conocido.</i>	<i>El color del agua presenta <b>turbiedad ligera</b>, se puede percibir un <b>color café claro</b>. O el lecho del cauce aún con partículas suspendidas de sedimentos, se <b>distingue el lecho del cauce</b>.</i>	<i>El color del agua presenta <b>turbiedad moderada</b>, se puede percibir un <b>color café chocolatoso</b>.  O el lecho del cauce es <b>poco visible</b>.  <i>Indicador de <b>erosión severa</b> en la cuenca.</i></i>	<i>La corriente tiene <b>cambios significativos</b> en color, presentándose colores artificiales como <b>amarillo, blanco, gris</b>, entre otros. <b>Pero aún se distingue el lecho del cauce</b>. <i>Presenta cambios percibidos del color natural conocido.</i></i>	<i>La corriente tiene <b>cambios significativos</b> en color, presentándose colores artificiales como <b>amarillo, blanco, gris</b>, entre otros. <b>NO se distingue el lecho del cauce</b>. <i>Presenta cambios percibidos del color natural conocido.</i></i>
<i>Escalas desempeño</i>	<b>5</b>	<b>4</b>	<b>3</b>	<b>2</b>	<b>1</b>
<b>18. Olor del agua y cambios de su estado natural</b>	<i>Sin olor perceptible y sin cambios al olor natural conocido.</i>	<i><b>Ligeros</b> cambios de olor percibidos en <b>&gt;10%</b> de la superficie de la corriente (residual, podredumbre, estancada).</i>	<i><b>Notables</b> cambios de olor percibidos en <b>11–39%</b> de la superficie de la corriente (residual, podredumbre, estancada).</i>	<i><b>Cambios significativos</b> de olor percibido entre el <b>40–79%</b> de la superficie de corriente (podredumbre, cloro, gasolina, estancada, aguas residuales)</i>	<i><b>Cambios severos</b> de olor percibido en <b>&gt;80%</b> de la superficie de la corriente (podredumbre, cloro, gasolina, estancada, aguas residuales). <b>Olor azufre o gasolina</b></i>
<i>Escalas desempeño</i>	<b>5</b>	<b>4</b>	<b>3</b>	<b>2</b>	<b>1</b>
<b>19. Abundancia y tipo de vertimientos en la corriente</b>	<i>Presencia <b>nula</b> de vertimientos en la superficie de la corriente.</i>	<i>Presencia <b>ocasional (&gt;10%)</b> de vertimientos <b>residuales domésticos puntuales</b> en superficie de corriente. O vertimientos pasados en proceso de <b>depuración</b>.</i>	<i>Presencia <b>escasa (11–39%)</b> de vertimientos <b>residuales domésticos, puntuales y difusos</b> en la superficie de corriente.</i>	<i>Presencia <b>moderada (40-79%)</b> de vertimientos <b>residuales domésticos, puntuales</b> en la superficie de corriente.</i>	<i>Presencia <b>abundante (&gt;80%)</b> de vertimientos <b>domésticos, industriales y/o minerales puntuales y difusos</b> en la superficie de la corriente.</i>
<i>Escalas desempeño</i>	<b>5</b>	<b>4</b>	<b>3</b>	<b>2</b>	<b>1</b>
<b>20. Abundancia y tipo de basura en la corriente</b>	<i><b>Nula</b> presencia de basura en la corriente.</i>	<i>Presencia <b>ocasional (&lt;10%)</b> de basura en la corriente.</i>	<i>Presencia <b>ocasional (11-39%)</b> de basura en la corriente.</i>	<i>Presencia <b>ocasional (40-79%)</b> de basura en la corriente.</i>	<i>Presencia <b>ocasional (&gt;80%)</b> de basura en la corriente.</i>

Escalas desempeño	5	4	3	2	1
<b>21. Bioindicadores de contaminación / sensibilidad de macroinvertebrados</b>	Los bioindicadores de <b>macroinvertebrados</b> muestran valores de una calidad <b>excelente</b> (según el BMWP con valores > 120) según evaluación de sensibilidad de familias.	Los bioindicadores de <b>macroinvertebrados</b> muestran valores de una calidad <b>buena</b> (según el BMWP con valores de 101 - 120) <b>no contaminadas</b> o alteradas de manera sensible.	Los bioindicadores de <b>macroinvertebrados</b> muestran valores de una calidad <b>regular</b> (según el BMWP con valores de 61-100) con una <b>contaminación moderada</b> .	Los bioindicadores de <b>macroinvertebrados</b> muestran valores de una calidad <b>mala</b> (según el BMWP con valores 36-60) <b>aguas contaminadas</b> .	Los bioindicadores de <b>macroinvertebrados</b> muestran valores de una calidad <b>muy mala</b> (según el BMWP con valores <35) <b>muy contaminada</b> . Con valores >15 <b>contaminación extrema</b>
Escalas desempeño	5	4	3	2	1
<b>22. Alcalinidad / Parámetros fisicoquímicos</b>	> 75 (muy amortiguadas).	26-75 (moderadamente amortiguadas).	21-25 (pobremente amortiguadas).	20 (mínimo aceptable).	<20 (no amortiguadas y no aceptables).
Escalas de desempeño	5	4	3	2	1
<b>23. Dureza / Parámetros fisicoquímicos</b>	0 a 150 de CaCo3 mg/l <b>suma calidad</b> .	151 a 300 de CaCo3 mg/l <b>calidad media</b> .	301 a 400 de CaCo3 mg/l <b>calidad aceptable</b> .	401 a 500 de CaCo3 mg/l <b>calidad aceptable</b> .	501 a 600 de CaCo3 mg/l <b>mala calidad</b> .
Escalas de desempeño	5	4	3	2	1
<b>24. Oxígeno disuelto / Parámetros fisicoquímicos</b>	>10 (adecuada para la vida de la gran mayoría de organismos acuáticos).	8-10 (aceptable: adecuada para la vida de la gran mayoría de organismos acuáticos).	5-7,9 (aceptable: adecuada para la vida de la gran mayoría de organismos acuáticos).	<b>Oxígeno disuelto:</b> 0-4 (hipoxia: desaparición de organismos sensibles).	0 (anoxia: muerte masiva de organismos aerobios).
Escalas de desempeño	5	4	3	2	1

**Atributo VIII: Eutrofización (enriquecimiento de nutrientes)**

**Principio:** Corriente **Criterio:** Eutrofización

El objetivo de la evaluación de este atributo es determinar el estado de eutrofización (enriquecimiento de nutrientes) para identificar si no presenta una afectación al sistema por exceso o escases de nutrientes en el cuerpo de agua que afecte a la biota e integridad ecológica del mismo (Cuadro 10).

**Observar:** Observar la presencia o ausencia de plantas acuáticas (microfitos), identificar si es posible el género o diferenciar si son exóticas, invasoras o algas, identificar la clase de abundancia, su ubicación en el lecho del cauce o corriente, identificar tipos de impactos antrópicos que propicien el aumento de nutrientes (vertimientos residuales y basura) y la abundancia en el área de evaluación.

**Metodologías consultadas:** EVQ A2 y A10, SVAP A8, IVAM.

**Nota 1:** Consultar o investigar el nombre común o científico de las plantas acuáticas, determinar si es exótica, invasiva, usos y posibles afectaciones ecológicas.

**Nota 2:** Si no se identifica la especie, al menos determinar clase de abundancia y ubicación.

*Cuadro 10. Escala desempeño de indicadores 25, 26, 27 y 28 del atributo eutrofización de la corriente*

Estado	Excelente	Buena	Aceptable	Regular	Mala
<i>Indicadores de desempeño</i>					
25. Presencia de algas en la corriente	<i>Sin presencia de algas o microalgas tanto en el lecho del cauce como en la superficie de la corriente (VAQ).</i>	<i>Ocasional (&lt;10%) de algas en el lecho sin cambios en el color de la lámina de agua.</i>	<i>Presencia escasa 11–35% y microalgas tanto en el lecho del cauce como en la superficie. Identificando el agua ligeramente verdosa en secciones lentas o remansos en el transecto (SVAP).</i>	<i>Presencia moderada 26–50% de algas y microalgas tanto en el lecho del cauce como en la superficie. Identificando el agua verdosa sin distinguirse el lecho del cauce.</i>	<i>Presencia abundante (&gt;50%) de algas en lecho del cauce. El agua es verdosa con esteras gruesas de algas que dominan la corriente del transecto y no se distingue el lecho del cauce.</i>
<i>Escalas de desempeño</i>	<b>5</b>	<b>4</b>	<b>3</b>	<b>2</b>	<b>1</b>
26. Presencia de plantas acuáticas nativas vs exóticas en la superficie de la corriente	<i>Presencia de 5–50% de especies nativas en diversos tipos de corrientes y lechos. Nula presencia de exóticas y/o invasivas.</i>	<i>Presencia de plantas acuáticas nativas y exóticas (5–50%) en diversos tipos de corrientes y lechos, dominando especies nativas.</i>	<i>Presencia de plantas acuáticas nativas y exóticas (5–50%) en diversos tipos de corrientes y lechos dominando especies exóticas.</i>	<i>Presencia de especies exóticas e invasoras (5–50%) de plantas acuáticas en la corriente (IVAM). Presencia de nativas (&lt;5%).</i>	<i>Presencia de especies exóticas e invasoras (&gt;50%) de plantas acuáticas en la corriente (IVAM).</i>
<i>Escalas de desempeño</i>	<b>5</b>	<b>4</b>	<b>3</b>	<b>2</b>	<b>1</b>
27. Tipo y presencia de vertimientos en la superficie del cauce	<i>Presencia nula de vertimientos.</i>	<i>Presencia ocasional (&lt;10%) de vertimientos de aguas grises y negras en la corriente.</i>	<i>Presencia escasa (10–39%) de vertimientos de aguas grises y negras domésticos en la corriente.</i>	<i>Presencia moderada (40–79%) de vertimientos de aguas grises, negras e indicios de agroquímicos en la corriente.</i>	<i>Presencia abundante (&gt;80%) de vertimientos de aguas grises, negras e indicios de agroquímicos en la corriente.</i>
<i>Escalas de desempeño</i>	<b>5</b>	<b>4</b>	<b>3</b>	<b>2</b>	<b>1</b>
28. Tipo y presencia de desechos sólidos orgánicos.	<i>Presencia nula de desechos sólidos orgánicos.</i>	<i>Presencia o indicios ocasionales (&lt;10%) de desechos orgánicos (estiércol, comida, residuos de plantaciones) en la corriente.</i>	<i>Presencia o indicios escasos (10–39%) de desechos orgánicos (estiércol, comida, residuos de plantaciones) en la corriente.</i>	<i>Presencia o indicios moderados (40–79%) de desechos orgánicos (estiércol, comida, residuos de plantaciones) en la corriente.</i>	<i>Presencia o indicios abundantes (&gt;80%) de desechos orgánicos (estiércol, comida, residuos de plantaciones) en la corriente.</i>
<i>Escalas de desempeño</i>	<b>5</b>	<b>4</b>	<b>3</b>	<b>2</b>	<b>1</b>

## Atributo IX: Cantidad de agua

**Principio:** Corriente **Criterio:** Cantidad

El objetivo de la evaluación de este atributo es determinar si la cantidad de agua que se presenta en la red hídrica de interés no ha sufrido cambios drásticos que afecten su dinámica e interacción con los demás componentes del sistema, identificando con ello impactos antrópicos que cambien la cantidad natural disponible de agua, además de documentar cambios por la dinámica temporal de la corriente (época de lluvia o eventos naturales) (Cuadro 11).

**Toma de datos:** Observación cualitativa de la lámina de agua; puntos que toque la lámina de agua: márgenes izquierdos y/o derechos, punto de transición a la ribera; consultas de cambios de cantidad a través del tiempo y el espacio; consultas e identificación de impactos antrópicos en el pasado y presente donde se extraiga o vierta agua; cálculo de caudal.

**Metodologías consultadas:** SHS A5, IHG A1, MQI, medición de caudal por método del flotador.

**Nota 1:** Determinar el tipo de corriente presente en el transecto: intermitente o perenne, ya que una posible disminución de la lámina del agua es debido a la dinámica de la misma corriente. Si el transecto se presenta sin agua, evaluar indicador 23 como (5).

**Nota 2:** El cálculo del caudal si no tiene datos de años o épocas anteriores con los que se pueda comparar e identificar cambios significativos de cantidad, solo utilizar el dato de manera descriptiva del área de estudio.

Cuadro 11. Escala desempeño de indicadores 29, 30 y 31 atributo cantidad de agua

Estado de referencia	<b>Intermitente:</b> Tipo de dinámica de la corriente que en época de secas presenta una ausencia o disminución natural del caudal. Y la lámina de agua presente solo puede tocar uno de los márgenes del cauce o no presentarse. En época de lluvia aumenta el caudal debido a las crecidas y puede llegar a rebasar el punto de transición caudal. <b>Perenne:</b> Tipo de dinámica de corriente que mantiene un caudal presente durante todo el año, donde en la zona intertropical americana presenta variaciones de forma natural de caudales según la época del año en que se evalúe.				
Estado	Excelente	Buena	Aceptable	Regular	Mala
<i>Indicadores de desempeño</i>					
<b>29. Cambios y presencia de la lámina de agua en el cauce.</b>	Según informantes del área de estudio la cantidad de agua conocida <b>no ha tenido cambios</b> en los últimos años.  En corriente perenne: lámina de agua <b>presente y en contacto con ambos márgenes del cauce.</b>	Sin criterio de desempeño	Según informantes del área de estudio la cantidad de agua conocida <b>ha tenido cambios notables</b> en los últimos años. Presentándose una reducción del <50% de la lámina de agua usual en corrientes perennes. Lámina en contacto con solo <b>un</b> margen del cauce	Sin criterio de desempeño	Según informantes del área de estudio la cantidad de agua conocida <b>ha tenido cambios notables</b> en los últimos años. En corriente perenne: lámina de agua <b>con presencia en el cauce &gt;10%</b> <b>O sin presencia en el cauce.</b>
<i>Escalas desempeño</i>	<b>5</b>	<b>4</b>	<b>3</b>	<b>2</b>	<b>1</b>
<b>30. Tipos de impactos antrópicos que afectan la cantidad de agua en la corriente</b>	Sin impactos antrópicos de extracción, derivaciones y/o retención de agua.	Derivaciones y embalses pequeños y rústicos con material de madera, rocas o plástico, que retienen <10% de la corriente. Construcciones <b>abandonadas</b> y <b>renaturalizadas</b> por el cauce. Mangueras de riego de plástico.	Toma de agua, embalses o derivaciones con material de concreto en el transecto o cercano a este que retienen alrededor de <b>11-39%</b> de la corriente dejando un caudal base restante. Mangueras de riego y/o tubería de plástico PVC.	Presas que contienen <b>40-79%</b> de la corriente presente o cercana al transecto. Extracción de <b>40-79%</b> del agua en tuberías de fierro, canaletas de concreto para derivar agua a cultivos.	Presas que contienen >80% de la corriente. Extracción directa de >80% del agua en tuberías de fierro, canaletas de concreto para derivar agua a cultivos. O en caso de entubamiento de la corriente.
<i>Escalas desempeño</i>	<b>5</b>	<b>4</b>	<b>3</b>	<b>2</b>	<b>1</b>
<b>31. Presencia de impactos antrópicos</b>	Nula presencia dentro de la corriente.	<b>Ocasional (&lt;10%) o abandonado</b> impacto antrópico dentro de la corriente	<b>Escasa (11-39%)</b> presencia de impacto antrópico dentro de la corriente	<b>Escasa (11-39%)</b> presencia de impacto antrópico dentro de la corriente	<b>Escasa (11-39%)</b> presencia de impacto antrópico dentro de la corriente
<i>Escalas desempeño</i>	<b>5</b>	<b>4</b>	<b>3</b>	<b>2</b>	<b>1</b>

## Atributo X: Régimen de inundaciones

**Principio:** Corriente **Criterio:** Inundaciones

El objetivo de la evaluación de este atributo es determinar si el régimen y dinámica natural de uno de los procesos importantes del ecosistema fluvial como lo son las inundaciones o crecidas ha sido afectada por los impactos humanos y de qué manera ha perjudicado la integridad ecológica del mismo (Cuadro 12).

**Observar y consultar:** Cambios en la dinámica de inundaciones, si el flujo está controlado por variables ambientales naturales (fenómenos meteorológicos, temporalidad de lluvias del trópico) o por regulaciones humanas (presas, derivadoras, embalses, etc.). Identificar restricción de inundación a la ribera (construcciones).

**Toma de datos:** Identificar si el flujo es natural o regulado, estimar el largo y altura de las inundaciones (buscar huellas de inundación), determinar el motivo de las inundaciones, propósitos de regulación, consulta sobre última fecha y/o periodo de retorno de inundaciones (si se cuenta con datos, hacer cálculos para estimar cambios significativos en el régimen), consultar el tiempo en que se presentan las inundaciones (esporádicas, época de lluvias, no se presentan) y enlistar impactos antrópicos.

**Metodologías consultadas:** SVAP A2, RQI A6, MQI.

**Nota 1:** En el régimen de inundación se puede contar con datos históricos, revelando los eventos extremos y posibles cambios en la dinámica. Pero si no se tiene esta información se recurre a la consulta.

*Cuadro 12. Escala desempeño de indicadores 32 y 33 del atributo régimen de inundaciones*

Estado de referencia	<i>El régimen y dinámica de inundaciones es <b>natural</b>, la frecuencia de las inundaciones ocurre de 2 a 5 años en perennes y de 5 a 8 años en intermitentes (RQI 2011). Las inundaciones se presentan cuando las crecidas traspasan el borde de las orillas de los cauces hacia las riberas.</i>				
	<b>Excelente</b>	<b>Buena</b>	<b>Aceptable</b>	<b>Regular</b>	<b>Mala</b>
	<i>Indicadores de desempeño</i>				
<b>32. Frecuencia de inundaciones en la zona del transecto</b>	<i>Perenes con un periodo usual de 2–5 años. E intermitentes de 5–8 años.</i>	<i>Frecuencia de inundaciones ordinarias entre 2-10 años; el desborde de río ocurre al menos dos veces cada 10 años (RQI 2011).</i>	<i>La frecuencia de inundación ocurre una vez cada 10 años (RQI 2011).</i>	<i>El desbordamiento ocurre solo con grandes crecidas y con baja frecuencia de inundaciones &gt;1 vez cada 25 años (RQI 2011).</i>	<i>El desbordamiento ocurre raramente, solo con inundaciones muy grandes, menos de una vez o ninguna cada 25 años (RQI 2011).</i>
<i>Escala desempeño</i>	<b>5</b>	<b>4</b>	<b>3</b>	<b>2</b>	<b>1</b>
<b>33. Tipos y presencia de impactos antrópicos que afectan el régimen de inundaciones</b>	<i>Nula presencia de regulaciones antrópicas (presas, embalses o derivadoras) que afecten el régimen de inundaciones.</i>	<i>Presencia y afectación ocasional (&gt;10%) de regulaciones antrópicas (presas, embalses, derivadoras, diques, canalizaciones) en o cercanos al transecto de evaluación.  <i>Antecedentes de regulaciones antrópicas abandonadas, removidas o renaturalizadas.</i></i>	<i>Presencia y afectación escasa (10–39%) de regulaciones antrópicas (presas, embalses, derivadoras, diques, canalizaciones) en o cercanos al transecto de evaluación.</i>	<i>Presencia y afectación moderada (40–79%) de regulaciones antrópicas (presas, embalses, derivadoras, diques, canalizaciones) en o cercanos al transecto de evaluación.</i>	<i>Presencia y afectación abundante (&gt;80%) de regulaciones antrópicas (presas, embalses, derivadoras, diques, canalizaciones) en o cercanos al transecto de evaluación.</i>
<i>Escala desempeño</i>	<b>5</b>	<b>4</b>	<b>3</b>	<b>2</b>	<b>1</b>

**Atributo XI: Llanura de inundación (conectividad transversal cauce – ribera)**

**Principio:** Ribera **Criterio:** Sustrato de ribera y llanura de inundación

El objetivo de este atributo es evaluar la funcionalidad de la llanura de inundación, específicamente la conexión entre el cauce y la ribera, en donde la corriente pueda moverse entre estos espacios para generar la dinámica natural de las inundaciones en el territorio (Cuadro 13).

**Observar y consultar:** Identificar si la llanura de inundación se encuentra naturalmente conectada con el cauce o bien, si existen restricciones que interfieren en esta conexión, para lo que es necesario observar y/o consultar de qué tipo son dichas restricciones, el material, el uso y la ubicación en donde se encuentran.

**Toma de datos:** Ubicar y determinar tipo de restricciones de la llanura de inundación e impactos en la conexión cauce – ribera, así como identificar su clase de abundancia y material.

**Metodologías consultadas:** RQI11 A6 y 7, RARC, SHS y ARA.

**Nota 1:** Evaluar cada margen por separado, identificando margen derecho y margen izquierdo según la dirección de la corriente.

*Cuadro 13. Escala de desempeño de indicadores 34, 35 y 36 del atributo llanura de inundación de la ribera*

Estado de referencia	<i>Llanura de inundación sin restricciones entre el cauce y la zona ribereña. Sustrato de la ribera y flujos subterráneos en condición natural.</i>				
Estados	Excelente	Buena	Aceptable	Regular	Mala
	<i>Indicadores de desempeño</i>				
<b>34. Tipos y presencia de restricciones de la conectividad transversal de la llanura de inundación</b>	<i>Nula presencia de restricciones entre la zona ribereña y el cauce.</i>	<i>Ocasional (&lt;10%) presencia o abandonadas restricciones (pequeños terraplenes o muros de contención) en la superficie del corredor ribereño.</i>	<i>Escasa (10–30%) de presencia de restricciones terraplenes o muros de contención).</i>	<i>Moderada (31–60%) presencia de restricciones en la superficie longitudinal del transecto por ingeniería hidráulica</i>	<i>Abundante (&gt;60%) presencia de restricciones en la superficie longitudinal del transecto. O en caso de canalización, afectando la interacción entre el cauce – orillas – llanura de inundación.</i>
<i>Escala desempeño</i>	<b>5</b>	<b>4</b>	<b>3</b>	<b>2</b>	<b>1</b>
<b>35. Distancia de las restricciones al cauce</b>	<i>Sin restricciones.</i>	<i>Ubicados a una distancia de más de 3 anchos del cauce.</i>	<i>Ubicados a una distancia entre 1 o 3 veces el ancho del cauce</i>	<i>Ubicado a una distancia menor al ancho del cauce.</i>	<i>Ubicado en las orillas o dentro del cauce.</i>
<i>Escala desempeño</i>	<b>5</b>	<b>4</b>	<b>3</b>	<b>2</b>	<b>1</b>
<b>36. Profundización del cauce y elevación de las orillas</b>	<i>Sin profundización</i>	<i>Profundización del cauce por dragado en la superficie longitudinal de las orillas ocasional (&lt;10%).</i>	<i>Profundización del cauce por dragado en la superficie longitudinal de las orillas escasa (10–30%).</i>	<i>Profundización del cauce por dragado en superficie longitudinal de las orillas escasa (10–30%).</i>	<i>Profundización del cauce por dragado en superficie longitudinal de las orillas abundante (&gt;60%).</i>
<i>Escala desempeño</i>	<b>5</b>	<b>4</b>	<b>3</b>	<b>2</b>	<b>1</b>

## Atributo XII: Sustrato de la ribera (estructura y funcionalidad)

**Principio:** Ribera    **Criterio:** Sustrato de ribera y llanura de inundación

El objetivo de la evaluación de este atributo es identificar la estructura del sustrato de la ribera para identificar si se encuentra con los elementos necesarios para mantener su integridad ecológica (Cuadro 14).

**Observar y consultar:** Observar los materiales que componen al sustrato de las riberas (roca madre, arena, arcilla, suelo según las características el área de estudio, detritus, hojarasca, madera, etc.), así como los impactos que degradan su estructura y funcionalidad en el ecosistema.

**Toma de datos:** Identificar tipos de sustrato y materia orgánica en el suelo, estimar clase de abundancia y tipos de impactos que afectan la estructura y funcionalidad de dicho atributo en el sistema.

**Metodologías consultadas:** RQI A6 y 7, ARA.

**Nota 1:** Evaluar cada margen por separado, identificando margen derecho y margen izquierdo según la dirección de la corriente.

Cuadro 14. Escala desempeño de indicadores 37, 38 y 39 del atributo sustrato de la ribera

Estados	Excelente	Buena	Aceptable	Regular	Mala
<i>Indicadores de desempeño</i>					
<b>37. Presencia de impacto antrópico por remoción de sustrato de la ribera</b>	<i>Nula presencia de impactos de remoción de sustrato</i>	<i>Ocasionales (&lt;10%) o abandonadas impactos antrópicos en la superficie del corredor ribereño por extracción de material pétreo o dragados.</i>	<i>Escasos (10-30%) impactos antrópicos en la superficie del corredor ribereño por extracción de material pétreo o dragados.</i>	<i>Moderados (31-60%) impactos antrópicos en la superficie del corredor ribereño por extracción de material pétreo o dragados.</i>	<i>Abundantes (60%) impactos antrópicos en la superficie del corredor ribereño por extracción de material pétreo o dragados.</i>
<i>Escala desempeño</i>	<b>5</b>	<b>4</b>	<b>3</b>	<b>2</b>	<b>1</b>
<b>38. Presencia de impacto antrópico por desechos</b>	<i>Nula presencia de desechos.</i>	<i>Ocasional (&lt;10%) presencia de desechos (basura orgánica e inorgánica, escombros y vertimientos domésticos)</i>	<i>Escasa (10-30%) presencia de desechos (basura orgánica e inorgánica, escombros y vertimientos domésticos)</i>	<i>Escasa (31-60%) presencia de desechos (basura orgánica e inorgánica, escombros y vertimientos domésticos y/o agroquímicos)</i>	<i>Abundante (&gt;60%) presencia de desechos (basura orgánica e inorgánica, escombros y vertimientos domésticos y/o agroquímicos)</i>
<i>Escala desempeño</i>	<b>5</b>	<b>4</b>	<b>3</b>	<b>2</b>	<b>1</b>
<b>39. Presencia de impacto antrópico por compactación o revestimiento</b>	<i>Nula presencia impactos antrópicos que propicien compactación (caminos, ganado, suelo desnudo)</i>	<i>Ocasionales (&lt;10%) o abandonados impactos como caminos, ganado, construcciones, tala, incendios) en la superficie del corredor ribereño.</i>	<i>Escasa (10-30%) presencia de impactos en el corredor ribereño con pavimento, suelo desnudo, construcciones o pisoteo de ganado y/o vehículos.</i>	<i>Moderada (31-60%) presencia de impactos en el corredor ribereño con pavimento, suelo desnudo, construcciones o pisoteo de ganado y o vehículos.</i>	<i>Abundante (&gt;60%) presencia de impactos en el corredor ribereño con pavimento, suelo desnudo, construcciones o pisoteo de ganado y/o vehículos.</i>
<i>Escala desempeño</i>	<b>5</b>	<b>4</b>	<b>3</b>	<b>2</b>	<b>1</b>

### Atributo XIII: Continuidad transversal de vegetación ribereña

**Principio:** Ribera **Criterio:** Conectividad transversal **Subcriterio:** Dimensiones de ancho de vegetación ribereña

El objetivo de la evaluación de este atributo es estimar las dimensiones promedio de manera transversal de la ribera que está cubierta por vegetación ribereña (cualquier especie que esté relacionada con el río), es decir, estimar el ancho promedio del corte transversal del transecto de interés (Figura 15).

**Observar:** La vegetación ribereña que se compone en un corte transversal e impactos que afecten la presencia de vegetación en el transecto evaluado.

**Toma de datos:** Es importante que la toma de datos y la evaluación se realicen de manera independiente en cada margen de las riveras, margen izquierdo y margen derecho, según el sentido de la corriente. Medir los anchos mínimos y máximos de la vegetación ribereña para estimar un promedio posteriormente. Identificar impactos que involucren la afectación de la vegetación ribereña en el área.

**Metodologías consultadas:** RQI A1, SHS A10, QBR, RAR, IHG A7.

**Nota 1:** Tener en cuenta que las dimensiones ribereñas se pueden reducir naturalmente en valles confinados debido a las limitaciones del suelo o las laderas adyacentes. Por tanto, si se presentan valles de tipo confinado identificar este estado como natural a la dinámica de la estructura y funcionamiento del área de estudio.

Cuadro 15. Escala desempeño de indicadores 40 y 41 atributo continuidad transversal de vegetación

Estado de referencia	<i>La vegetación ribereña está <b>conectada</b> con las especies de ladera y cubre todo el terreno entre el cauce y las pendientes adyacentes de la ladera. Su composición a lo ancho de la ribera se mantiene <b>natural</b> según las características del valle.</i>				
Estado	Excelente	Buena	Aceptable	Regular	Mala
	<i>Indicadores de referencia</i>				
<b>40. Ancho promedio de la vegetación ribereña en el corredor ripario</b>	<p><i>En valles abiertos, vegetación con ancho promedio de más de 3 veces el ancho del cauce ó &gt;60 m de ancho en la ribera (RQI, 11)</i></p> <p><i>En valles confinados, la reducción de la ribera afecta al menos el 30% de la longitud ribereña (RQI, 11).</i></p>	<p><i>En valles abiertos, vegetación con ancho promedio de más de 2 veces el ancho del cauce entre 45--60 m de ancho en la ribera (RQI, 11)</i></p> <p><i>En valles confinados, la reducción de la ribera afecta a menos del 30% de la longitud ribereña (RQI, 11).</i></p>	<p><i>En valles abiertos, ancho promedio de la vegetación más de 1 vez el ancho del cauce ó entre 30--44 m de ancho en la ribera (RQI, 11).</i></p> <p><i>En valles confinados, reducción del ancho ribereño entre el 30 y 60% de la longitud ribereña (RQI, 11).</i></p>	<p><i>En valles abiertos, ancho promedio menor a 1 vez el ancho del cauce (RQI, 11).</i></p> <p><i>En valles confinados, reducción de la ribera en más de 60% de su longitud (RQI, 11).</i></p>	<p><i>Ancho promedio del corredor ripario con vegetación ribereña inexistente (RQI, 11).</i></p>
<i>Escala desempeño</i>	<b>5</b>	<b>4</b>	<b>3</b>	<b>2</b>	<b>1</b>
<b>41. Tipos y presencia de impactos antrópicos que afectan la conectividad transversal de la vegetación ribereña</b>	<p><i>Restricciones e impactos antrópicos nulas para el desarrollo de la vegetación ribereña y el mantenimiento de su conectividad transversal</i></p>	<p><i>Impactos antrópicos (tala, incendios, construcciones, agricultura, etc.) ocasionales (&lt;10%) o abandonados que afectan o afectaron la conectividad transversal de la vegetación ribereña</i></p>	<p><i>Impactos antrópicos escasos (10--39%) (tala, incendios, construcciones, agricultura, etc.) que afectan la conectividad transversal de la vegetación ribereña</i></p>	<p><i>Impactos antrópicos moderados (40--79%) (tala, incendios, construcciones, agricultura, carretera, área urbana etc.) que afectan la conectividad transversal de la vegetación ribereña</i></p>	<p><i>Impactos antrópicos abundantes (&gt;80%) (tala, incendios, construcciones, agricultura, carretera, área urbana etc.) que afectan la conectividad transversal de la vegetación ribereña.</i></p> <p><i>Considerar el estado más degradado cuando se identifican <b>revestimiento de concreto</b> en las riveras donde la vegetación ribereña ya no puede crecer (RQI, 11).</i></p>
<i>Escala desempeño</i>	<b>5</b>	<b>4</b>	<b>3</b>	<b>2</b>	<b>1</b>

### Atributo XIV: Continuidad longitudinal de la vegetación ribereña

**Principio:** Ribera **Criterio:** Conectividad longitudinal **Subcriterio:** Cobertura y patrón de distribución longitudinalmente

El objetivo de la evaluación de este atributo es estimar las dimensiones promedio de la cobertura presente en una visión longitudinal del transecto. Identificando además los patrones de distribución de la vegetación a lo largo de cada margen para identificar a su vez si esto se encuentra de manera natural o se ve afectado por impactos antrópicos y a su vez afecta la estructura y funcionalidad de los componentes del sistema ripario (Cuadro 16).

**Observar:** La vegetación ribereña de manera longitudinal de cada margen que compone la ribera. Identificar los usos e impactos y si provocan una afectación en la cobertura y patrón de distribución de la vegetación.

**Toma de datos:** Es importante que la toma de datos y la evaluación se realicen de manera independiente en cada margen de las riberas, margen izquierdo y margen derecho según el sentido de la corriente. Estimar la continuidad longitudinal y cobertura en función de patrón de distribución (presencia) de vegetación leñosa. Estimar la intensidad de la fragmentación en función del tamaño y frecuencia de apertura de áreas abiertas creadas por acción humana y el uso de la tierra dentro de estas áreas. Identificar si los cambios en la distribución de la vegetación son debido a factores antrópicos o naturales (régimen de inundaciones); si son naturales calificar como bueno los procesos de sucesión que se estén generando en el área de estudio.

**Metodologías consultadas:** RQI A2, QBR, RAR, IHG A7.

**Nota 1:** Tener en cuenta que las dimensiones ribereñas se pueden reducir naturalmente en valles confinados debido a las limitaciones del suelo o las laderas adyacentes. Por tanto, si se presentan valles de tipo confinado identificar este estado como natural a la dinámica de la estructura y funcionamiento del área de estudio.

Cuadro 16. Escala desempeño de indicadores 42, 43 y 44 del atributo continuidad longitudinal

Estado de referencia	<i>La distribución de la cubierta del corredor ribereño es <b>natural</b> y se mantiene <b>conectado</b>. Por lo general, las diversas capas de estratos vegetativos de la zona ribereña se encuentran <b>conectadas</b> de manera <b>longitudinal</b>.</i>				
Estado	Excelente	Buena	Aceptable	Regular	Mala
<i>Indicadores de desempeño</i>					
<b>42. Tipo y porcentaje de cubierta de vegetación ribereña en la ribera</b>	<b>Bosque ribereño continuo</b> , 100% de la cubierta arbórea presente en el corredor ribereño.  Composición <b>heterogénea</b> de la vegetación ribereña con herbáceas, arbustos y árboles.	<b>Bosque ribereño ligeramente reducido</b> en un <10% de la longitud del corredor ribereño Siendo su cubierta entre <b>60–90%</b> de cobertura de vegetación ribereña presente. Composición <b>heterogénea</b> de la vegetación ribereña con herbáceas, arbustos y árboles.	<b>Parches de vegetación. Bosque notablemente reducido</b> de la longitud total del corredor ribereño. Siendo su cubierta entre <b>30–59%</b> de cobertura de vegetación ribereña presente. Composición con <b>dominancia de especies leñosas</b> en interacción con arbustos y herbáceas.	La vegetación ribereña aparece en pequeños <b>parches de vegetación. Significativamente reducidos</b> , siendo su cubierta <b>10-29%</b> .  O presencia <b>aislada</b> de árboles maduros o <b>arbustos</b> , con <b>abundante vegetación secundaria, herbáceas y pastizales</b> .	La vegetación ribereña es <b>ocasional</b> y <b>severamente reducida</b> >10%.  En la cubierta ribereña dominan <b>arbustos</b> y <b>herbáceas</b> .  O en caso de <b>ausencia total</b> de cubierta leñosa o suelo desnudo.
<i>Escala desempeño</i>	<b>5</b>	<b>4</b>	<b>3</b>	<b>2</b>	<b>1</b>
<b>43. Fragmentación de vegetación del corredor ribereño</b>	<b>Sin fragmentos ó parches de sucesión</b> de vegetación por <b>dinámica natural</b> del ecosistema fluvial (régimen de inundaciones).	<b>Corredor ripario ligeramente abierto o fragmentado</b> (<50 m de largo) por acciones humanas. Fragmentos en proceso de <b>sucesión</b> .	<b>Corredor ripario moderadamente fragmentado o abiertos</b> (50 m de largo) por acciones humanas, o bien por regulaciones de flujo.	<b>Corredor ripario significativamente fragmentado</b> o abierto en <60% ó 150 m por actividades humanas o flujo de regulación inducido.	<b>Corredor ripario severamente fragmentado</b> por acciones humanas, <b>sin parches con vegetación, 100% del corredor fragmentado</b> .
<i>Escala desempeño</i>	<b>5</b>	<b>4</b>	<b>3</b>	<b>2</b>	<b>1</b>
<b>44. Tipos y presencia de impactos antrópicos que propician fragmentación</b>	<b>Nula</b> presencia de alteraciones e impactos antrópicos	<b>Ocasionales (&lt;10%) o abandonados</b> impactos antrópicos en la ribera (agricultura, ganadería, zona urbana, recreación, carreteras).	<b>Escasa (10–39%)</b> presencia de impactos antrópicos en la ribera (agricultura, ganadería, zona urbana, recreación, carreteras).	<b>Moderada (40–79%)</b> presencia de impactos antrópicos en la ribera (agricultura, ganadería, zona urbana, recreación, carreteras).	<b>Abundante (&gt;80%)</b> presencia de impactos antrópicos en la ribera (agricultura, ganadería, zona urbana, recreación, carreteras).
<i>Escala desempeño</i>	<b>5</b>	<b>4</b>	<b>3</b>	<b>2</b>	<b>1</b>

## Atributo XV: Composición y estructura de la vegetación ribereña

**Principio:** Ribera **Criterio:** Composición y estructura

El objetivo de la evaluación de este atributo es identificar si la composición y estructura de la vegetación ribereña presente en la ribera es acorde a las características de las especies nativas asociadas al río, donde mantienen sus funciones acordes y brindan servicios que mantienen la integridad del sistema ripario (Cuadro 17).

**Observar y consultar:** Las características de la vegetación presente en los márgenes ribereños, así como diferenciar los estratos a los que pertenecen: herbáceas, arbustos, árboles, consultar o identificar si son nativas, exóticas, invasivas, vegetación secundaria, ruderal, carrizos o juncos.

**Toma de datos:** Es importante que la toma de datos y la evaluación se realicen de manera independiente en cada margen de las riberas, margen izquierdo y margen derecho según el sentido de la corriente. Si es posible identificar el nombre de las especies y sus clases de abundancia de cada estrato, centrándose en las especies con clases de abundancia dominante, abundante y frecuente.

**Metodologías consultadas:** RQI A3, QBR, RARC.

**Nota 1:** Si no es posible identificar el nombre científico de las especies, al menos identificar por medio de observación o consultas, cuáles son propias de la zona y cuáles son exóticas, de vegetación secundaria o invasoras, así como sus clases de abundancia.

**Nota 2:** Evaluar cada margen por separado, identificando margen derecho y margen izquierdo según la dirección de la corriente.

Cuadro 17. Escala desempeño de indicadores 45, 46, 47 y 48 del atributo composición y estructura

Estado de referencia	<i>La vegetación riparia se encuentra en estado natural. El corredor ripario incluye una heterogeneidad de especies nativas de vegetación correspondiente a asociaciones con el río.</i>				
Estado	Excelente	Buena	Aceptable	Regular	Mala
<i>Indicadores de desempeño</i>					
<b>45. Composición de especies nativas vs exóticas propias de vegetación ribereña.</b>	<i>El corredor ripario incluye una heterogeneidad con abundantes especies nativas de vegetación correspondiente a asociaciones con el río. Abundante presencia epífita y trepadoras. Nula presencia de especies exóticas e impactos antrópicos.</i>	<i>El corredor ribereño está compuesto mayormente por especies nativas provenientes de asociaciones con el río. Presencia de 1 o 2 especies exóticas con menos del 10% de cubierta del corredor ribereño.</i>	<i>Corredor ripario contiene solamente algunas especies potenciales a asociaciones con el río. Con poca heterogeneidad entre los estratos, o del 10-30% de cubierta con especies exóticas.</i>	<i>Corredor ripario contiene una pequeña representación de vegetación nativa, presencia de cubierta con especies exóticas del 30 al 60% del corredor ribereño.</i>	<i>Corredor ripario con más del 60% de cubierta de especies exóticas en el corredor ribereño. O considerar cuando la zona ribereña se encuentra pavimentada y no existe vegetación</i>
<i>Escala desempeño</i>	<b>5</b>	<b>4</b>	<b>3</b>	<b>2</b>	<b>1</b>
<b>46. Salud de la población arbórea nativa</b>	<i>Buena salud en toda la cubierta arbórea.</i>	<i>Buena salud hasta en un 79% de la cubierta arbórea. El resto con salud regular con marcas de enfermedades o daños.</i>	<i>Buena salud hasta en un 39% de la cubierta arbórea. El resto con salud regular con marcas de enfermedades o daños.</i>	<i>Salud regular hasta un 79% de la cubierta arbórea con marcas de enfermedades, marchitez o daños. Buena salud solo en &lt;10% de la cubierta arbórea.</i>	<i>Salud mala &gt;80% de la cubierta arbórea afectada con marcas de enfermedades, marchitez o daños.</i>
<i>Escala desempeño</i>	<b>5</b>	<b>4</b>	<b>3</b>	<b>2</b>	<b>1</b>
<b>47. Abundancia de especies invasoras</b>	<b>Nula</b>	<i>Ocasional &lt;10% de cubierta del corredor ribereño.</i>	<i>Escasa 10-30% de cubierta del corredor ribereño.</i>	<i>Moderada 31-60% de cubierta del corredor ribereño.</i>	<i>Abundante &gt;60% de cubierta del corredor ribereño.</i>
<i>Escala desempeño</i>	<b>5</b>	<b>4</b>	<b>3</b>	<b>2</b>	<b>1</b>
<b>48. Abundancia de vegetación secundaria o ruderal</b>	<b>Nula</b>	<i>Ocasional &lt;10% de cubierta del corredor ribereño.</i>	<i>Escasa 10-30% de cubierta del corredor ribereño.</i>	<i>Moderada 31-60% de cubierta del corredor ribereño.</i>	<i>Abundante &gt;60% de cubierta del corredor ribereño.</i>
<i>Escala desempeño</i>	<b>5</b>	<b>4</b>	<b>3</b>	<b>2</b>	<b>1</b>

## Atributo XVI: Diversidad de edades y regeneración natural en vegetación ribereña

**Principio:** Ribera    **Criterio:** Edades y regeneración

El objetivo de la evaluación de este atributo es identificar si la diversidad de edades se compone por la vegetación nativa, si hay una heterogeneidad de estratos que permite incidir en la funcionalidad del sistema ribereño; así como identificar si el proceso de regeneración se encuentra de manera natural y presente, lo que permite la repoblación y el mantenimiento de la integridad ecológica de estas franjas ribereñas (Cuadro 18).

**Observar y consultar:** Los diversos tipos de edades - plántulas, jóvenes, adultos y/o maduros - de la composición de la vegetación ribereña, identificando sus especies. Ubicar y/o consultar en donde se produce la regeneración e identificar las causas principales que puedan afectar o limitar.

**Toma de datos:** Estimar la clase de abundancia de cada uno de los tipos de edades, localizar los sitios de regeneración, enlistar los impactos y su abundancia, consultar o identificar las especies en regeneración así como su abundancia o porcentaje de presencia.

**Metodologías consultadas:** RQI11 A4 (se utilizaron sus mediciones).

**Nota 1:** Si no es posible identificar el nombre científico de las especies, al menos identificar por medio de observación o consultas, cuáles son propias de la zona y cuáles son exóticas, de vegetación secundaria o invasoras, así como sus clases de abundancia.

**Nota 2:** Evaluar cada margen por separado, identificando margen derecho y margen izquierdo según la dirección de la corriente.

*Cuadro 18. Escala desempeño de indicadores 49, 50 y 51 del atributo diversidad de edades y regeneración*

Estado referencia	<i>Diversidad de edades y regeneración de especies leñosas en condiciones naturales.</i>				
<b>Estados</b>	<b>Excelente</b>	<b>Buena</b>	<b>Aceptable</b>	<b>Regular</b>	<b>Mala</b>
<i>Indicadores de desempeño</i>					
<b>49. Composición y presencia de edades en vegetación ribereña</b>	<i>Presencia <b>abundante</b> (&gt;60%) de cubierta compuesta por una <b>heterogeneidad</b> de edades (plántulas, jóvenes, adultos, maduros) de la vegetación ribereña.</i>	<i>En la zona de ribera se observan <b>al menos tres tipos de edades</b> con cubierta <b>moderada</b> (31-60%).</i>	<i>En la zona de ribera se observan <b>al menos tres tipos de edades</b> con cubierta <b>escasa</b> (10-30%).</i>	<i>En la zona de ribera se observan <b>solo 2 tipos de edades</b>.</i>	<i>En la zona de ribera se observa <b>solo 1 tipo de edad</b>.</i>
<i>Escalas desempeño</i>	<b>5</b>	<b>4</b>	<b>3</b>	<b>2</b>	<b>1</b>
<b>50. Presencia de regeneración y ubicación en vegetación ribereña</b>	<i>Con presencia <b>abundante</b> (60%) de regeneración en orillas, corredor ribereño y bancos de sedimento.</i>	<i>Con presencia <b>moderada</b> (31-60%) de regeneración en orillas, corredor ribereño y bancos de sedimento.</i>	<i>La regeneración restringida por especies pioneras, con presencia <b>escasa</b> (10-30%) y solo se encuentra en al menos dos ubicaciones del transecto.</i>	<i>Regeneración restringida a <b>1-2 especies</b>, con presencia <b>ocasional</b> (&lt;10%) y solo se encuentra en una ubicación del transecto.</i>	<i><b>Nula</b> regeneración observada. En caso de revestimiento de concreto del corredor ribereño.</i>
<i>Escalas desempeño</i>	<b>5</b>	<b>4</b>	<b>3</b>	<b>2</b>	<b>1</b>
<b>51. Presencia y tipos de impactos antrópicos que afectan la regeneración natural</b>	<i><b>Nula</b> presencia de actividades humanas que afecten la regeneración de las especies ribereñas.</i>	<i><b>Ocasional</b> (&lt;10%) o <b>abandonados</b> de superficie ocupada por impactos antrópicos que dañan la regeneración natural (ganado, caminos, incendios, cultivos, construcciones)</i>	<i><b>Escasa</b> (10-30%) de superficie ocupada por impactos antrópicos que dañan la regeneración natural (ganado, caminos, incendios, cultivos, construcciones)</i>	<i><b>Moderada</b> (31-60%) superficie ocupada por impactos antrópicos que dañan la regeneración natural (herbicidas, canalización, incendios, ganado intensivo, caminos, tala, pavimento).</i>	<i><b>Abundante</b> (&gt;60%) superficie ocupada por impactos antrópicos (herbicidas, canalización, incendios, ganado intensivo, caminos. O <b>pavimento sin regeneración potencial</b>.</i>
<i>Escalas desempeño</i>	<b>5</b>	<b>4</b>	<b>3</b>	<b>2</b>	<b>1</b>

### 3. Hoja de campo

#### *Sección 1. /Descripción general del tramo*

Fecha y hora \_\_\_\_\_ Código tramo: \_\_\_\_\_ Nombre del proyecto: \_\_\_\_\_

Nombre(s) evaluador(es): \_\_\_\_\_

Autoriza: \_\_\_\_\_

Nombre de la cuenca: \_\_\_\_\_ Nombre del río: \_\_\_\_\_

Tributario a: \_\_\_\_\_ Nombre de localidad: \_\_\_\_\_

GPS punto de Inicio Latitud: \_\_\_\_\_ Longitud: \_\_\_\_\_ Elevación: \_\_\_\_\_

Coordenada final Latitud: \_\_\_\_\_ Longitud: \_\_\_\_\_ Elevación: \_\_\_\_\_

Marcar con X: Nublado (\_\_\_) Soleado (\_\_\_) Lluvia (\_\_\_) Viento (\_\_\_) Nota: \_\_\_\_\_

Nombre del dueño del terreno o acceso al tramo de evaluación: \_\_\_\_\_

Nombre de informante uno del área de estudio: \_\_\_\_\_

Edad: \_\_\_\_\_ Ocupación: \_\_\_\_\_

Nombre de informante dos del área de estudio: \_\_\_\_\_

Edad: \_\_\_\_\_ Ocupación: \_\_\_\_\_

*Cuadro 19. Hoja de campo para el registro de usos del ecosistema fluvial*

Uso	Ubicación			Presencia (I)(M)(E)(O)(N)
	Río	Ribera	Ladera	
Agrícola				
Poblados				
Ganadería				
Recreación				
Pasturas				
Vías de comunicación				
Conservación / Restauración				
Cultural				
Forestal				
Industrial				
Acuícola				
Extracción pétreo				
Extracción agua				
Recolección fauna				
Recolección flora				
Establos				

Cuadro 20. Hoja de campo para el registro de impactos antrópicos en el ecosistema fluvial

Impacto	Descripción	Ubicación		
		Río	Ribera	Ladera
Basura inorgánica				
Basura orgánica				
Vertimiento				
Construcción				
Canalización				
Incendios				
Pérdida de cobertura / tala				
Compactación de suelo				
Pérdida de suelo				
Dragado				
Sobreexplotación agua				
Otros				

## Sección 2 / Dibujar perfil transversal del ecosistema fluvial

Identificar componentes principales (cauce, corriente, ribera), características y medidas

## Sección 3 / CAUCE

Cuadro 21. Hoja de campo para el registro de datos para el CAUCE

CAUCE				
Atributo	1. Morfología en plano y transversal	Datos de campo		
Descriptores	Identificar tipo de Valle (confinado U o V, semiconfinado _/\_ o abierto).			
	Identificar tipo de cauce según Rosgen 1996 (ver formato de evaluación)			
	Describir vista en plano (sinuoso, recto, trezado) y transversal (angosto <3m, ancho >3m)*.			
Indicadores de desempeño	1. Estimar <b>cambios (Se, Si, No, Li, Nu)</b> en las características naturales de la morfología en plano y transversal con base al estado de referencia (ver en el formato de evaluación)	Cambio en vista plano ( ), cambio en vista transversal ancho del cauce ( )		
	2. Identificar <b>presencia (A, M, E, O, N)</b> y <b>tipo impactos antrópicos</b> (desvíos de cauces, rellenos de cauce, defensas en los márgenes, escombros, canalización, dragado, otros (especificar en observaciones))			
		Valor indicador 1:		
		Valor indicador 2:		
		Valor del atributo:	Moda:	Precaución:
Atributo	2. Bancos de sedimentos en el cauce	Descripción		
Descriptores	Identificar Tipos de bancos (isletas ovaladas o franjas).			
	Observar Ubicación (mitad del cauce, lateral izquierdo, derecho o ambos).			
	Identificar Composición de los bancos (grava, arena, finos sedimentos,			
Indicadores de desempeño	3. Estimar <b>presencia de bancos de sedimentos</b> (A, M, E, O, N)			
	4. Estimar <b>presencia de vegetación en los bancos</b> (A, M, E, O, N)			
	5. Identificar <b>presencia (A, M, E, O, N)</b> y <b>tipo impactos antrópicos</b> (extracción de materiales, escombros, basura, construcciones, otros)			
		Valor indicador 3:		
		Valor indicador 4:		
		Valor indicador 5:		
		Valor del atributo:	Moda:	Precaución:

Atributo	3. Conectividad longitudinal, transversal y vertical del cauce	Descripción	
Indicadores de desempeño	6. Identificar tipo de barreras longitudinales (puentes, vados, diques, embalses, presas, derivos, otros especificar).		
	6. Identificar tipo de barreras en transversal y vertical (revestimientos de concreto, escombros, construcciones, puentes, diques, otros).		
	7. <b>Estimar</b> Presencia de barreras longitudinales, transvesales y verticales en el cauce (A, M, E, O, N, R, Aa)		
		Valor indicador 6:	
		Valor indicador 7:	
		Valor del atributo:	Moda: Precaución:
Atributo	4. Estructura y composición del sustrato en el cauce	Descripción	
Descriptores	Observar <b>tipo de materia orgánica</b> (trozos o troncos de madera, detritus, identificar <b>tipos de impactos</b> antrópicos (dragado, extracción, canalización, barreras, rellenos, revestimiento, basura, escombros, otros).		
	8. Identificar la composición del sustrato en el lecho (roca madre, bloques, cantos rodados, guijarros, grava, arena o limo, concreto).		
Indicadores de desempeño	9. Estimar Presencia de impactos antrópicos (A, M, E, O, N, R, Aa)		
	10. Estimar Presencia materia orgánica, troncos y hojarasca (A, M, E, O, N)		
		Valor indicador 8:	
		Valor indicador 9:	
		Valor indicador 10:	
		Valor del atributo:	Moda: Precaución:
Atributo	5. Estabilidad de las orillas en el cauce	Margen Izquierdo	Margen derecho
Descriptores	<b>Medir y estimar</b> altura promedio de orilla del cauce (m)		
	<b>Identificar</b> tipo de vegetación en las orillas (herbáceas, pastos, arbustos, árboles, cultivos, ninguno).		
	<b>Identificar</b> tipo de impactos en las orillas (dragado, rectificación, incendios, escombros, construcción, establo, cultivo, huellas de ganado o carro)		
Indicadores de desempeño	11. Estimar presencia vegetación y materia orgánica en orillas (A, M, E, O, N).		
	12. Estimar afectación de erosión o compactación de las orillas (Se, Si, No, Li, Natural)		
	13. Presencia de los impactos antrópicos (A, M, E, O, N, R, Aa)		
		Valor indicador 11:	
		Valor indicador 12:	
		Valor indicador 13:	
		Valor del atributo:	Moda: Precaución: Moda: Precaución:

## Sección 4 | CORRIENTE

Cuadro 22. Hoja de campo para el registro de datos para la CORRIENTE

CORRIENTE			
Atributo	6. Configuración de la corriente	Descripción	
Descriptores	Cuantificar <b>Número de cascadas</b>		
	Corriente <b>dominante</b>		
Indicadores de desempeño	14. Observar <b>configuración de corriente</b> (cascada, remansos, rápidos, pozas, pasos de corriente, manantiales).		
	15. Observar <b>tipos de impactos</b> (dragados, extracción materiales, construcción perpendicular a la corriente).		
	16. Estimar <b>presencia de impactos</b> (A, M, E, O, N, R, Aa).		
		Valor indicador 14:	
		Valor indicador 15:	
		Valor indicador 16:	
		Valor del atributo:	Moda: Precaución:

Atributo	7. Calidad de agua	Descripción
Indicadores de desempeño	17. <b>Observar color del agua:</b> clara (los objetos de fondo son visibles), moderadamente turbia, muy turbia, color inusual (blanco, amarillo, café, gris, otros). <b>Consultar si persisten</b> cambios del color natural.	
	18. <b>Identificar olor</b> del agua inolora, azufre, residuales, gasolina, podredumbre, otros). <b>Consultar</b> sobre cambios al olor natural.	
	19. <b>Estimar abundancia</b> de vertimientos (A, M, E, O, N), ubicación (puntual o difusa) y procedencia.	
	20. <b>Estimar abundancia y tipo</b> de basura en la corriente (A, M, E, O, N).	
	21. <b>Medir contaminación, por bioindicadores.</b> Sensibilidad de macroinvertebrados (BMWP-Mx).	
	22. <b>Medir parámetros fisicoquímicos.</b> Por medio del KIT GLOBALWATER. Parámetros medidos: pH, Dureza Total, Alcalinidad Total, Oxígeno Disuelto, Turbidez, Temperatura.	
		Valor indicador 17:
	Valor indicador 18:	
	Valor indicador 19:	
	Valor indicador 20:	
	Valor indicador 21:	
	Valor indicador 22:	
	Valor del atributo:	Moda: Precaución:
Atributo	8. Eutroficación (enriquecimiento de nutrientes)	Descripción
Descriptivos	<b>Observar</b> ubicación (remanzos, pozas, rápidos, márgenes, rocas, fijas al lecho o flotante)	
	<b>Identificar / Consultar nombre</b> de planta acuática (científico y/o común), y su utilidad	
Indicadores de desempeño	23. <b>Identificar</b> presencia de algas (A, M, E, O, N) en la corriente	
	24. <b>Estimar</b> presencia de plantas acuáticas nativas, exóticas, invasoras % (<5, 5-50, >50).	
	25. <b>Observar</b> Tipo y presencia de vertimientos (A, M, E, O, N)	
	26. <b>Observar</b> Tipo y presencia desechos orgánicos sólidos (A, M, E, O, N)	
	Valor indicador 23:	
	Valor indicador 24:	
	Valor indicador 25:	
	Valor indicador 26:	
	Valor del atributo:	Moda: Precaución:
Atributo	9. Cantidad de agua	Descripción
Descriptivos	<b>Consultar o Investigar</b> si es Intermitente // Perenne	
	<b>Estimar</b> profundidad y ancho promedio de lámina de agua	
Descriptivo   Opcional	<b>Medir y Calcular CAUDAL</b> (Q=V/T)* (método del flotador)	
Indicadores de desempeño	27. <b>Consulta de cambios</b> en la cantidad de agua conocida y <b>observación de la lámina de agua:</b> en contacto con ambos márgenes, solo uno, sin contacto con los márgenes, sin lámina de agua.	
	28. <b>Tipo de impactos antrópicos</b> (tomas de agua: tuberías, presa, embalse, bebedero   derivados, vertimientos)	
	29. <b>Estimar</b> presencia de impactos antrópicos que afectan la cantidad	
	Valor indicador 27:	
	Valor indicador 28:	
	Valor indicador 29:	
	Valor del atributo:	Moda: Precaución:
Atributo	10. Régimen de inundaciones	Descripción
Descriptivo	<b>Estimar</b> la altura promedio de la inundación por medio de <b>consulta u observación</b> de marcas en construcciones, vegetación acostada o ramas.	
	<b>Consulta</b> de época de inundación (solo en época de lluvia, cualquier momento, no ocurren) y última fecha de inundación	
Indicadores de desempeño	30. <b>Consultar</b> frecuencia de inundación en la zona (cada 2 o 5 años, >1 vez cada 10 años, >1 vez cada 25 años, sin inundaciones)	
	31. <b>Identificar presencia y tipo</b> de impactos antrópicos que regulan las inundaciones (presas, diques, embalses, derivadoras, canalizaciones)	
	Valor indicador 30:	
	Valor indicador 31:	
	Valor del atributo:	Moda: Precaución:

## Sección 5 / RIBERA

Cuadro 23. Hoja de campo para el registro de datos para la RIBERA

RIBERA			
Atributo	11. Llanura de inundación y sustrato de la ribera	Margen Izquierdo	Margen Derecho
Descriptor	<b>Estimar</b> Dimensión promedio de la llanura de inundación (m)		
	<b>Identificar</b> composición del sustrato de la ribera (roca, bloques, grava, arena, arcilla, trocos, hojarasca, detritus)		
Indicadores de desempeño	<b>32. Observar si hay</b> Restricciones de conectividad de la ribera a la corriente (diques, elevaciones, construcciones, puentes, muros de contención, profundización otros).		
	<b>33. Medir</b> Distancia entre orilla del cauce y las restricciones		
	<b>34. Estimar</b> presencia de profundización de cauces		
	<b>35. Estimar</b> % área afectada por extracción petrea y dragado		
	<b>36. Estimar</b> % área afectada por desechos en la ribera		
	<b>37. Estimar</b> % área afectada por compactación de la ribera		
		Valor indicador 32:	
		Valor indicador 33:	
		Valor indicador 34:	
		Valor indicador 35:	
		Valor indicador 36:	
		Valor indicador 37:	
		Valor del atributo: Moda: Precaución:	Moda: Precaución:
Atributo	12. Conectividad transversal de vegetación ribereña	Margen Izquierdo	Margen Derecho
Descriptivos	<b>Identificar</b> Confinamiento del margen (confinado, no confinado).		
	<b>Medir y Calcular</b> Ancho promedio del cauce (m)		
Indicadores de desempeño	<b>38. Medir</b> Ancho máx/mín con vegetación ribereña (m)		
	<b>38. Calcular</b> Ancho promedio del corredor ripario (m)		
	<b>38. Estimar</b> Distancia promedio entre orilla del cauce y la ladera (m)		
	<b>39. Identificar</b> Impactos en la vegetación ribereña (ej. Pérdida de cobertura, incendios, plagas, extracción, agroquímicos).		
		<b>39. Estimar</b> Presencia de restricciones en la ribera por actividades humanas (A, M, E,	
		Valor indicador 38:	
		Valor indicador 39:	
		Valor del atributo: Moda: Precaución:	Moda: Precaución:
Atributo	13. Continuidad longitudinal y cubierta de la ribera	Margen Izquierdo	Margen Derecho
Indicadores de desempeño	<b>40. Identificar</b> tipo de cubierta: Bosque continuo (BC) / Parches de vegetación (PV) / Árboles y arbustos aislados (IT, IS)/ Pastizales (P)/ Sin Cubierta (SC)		
	<b>40. Estimar</b> % de cubierta del dosel (>5 m)		
	<b>40. Estimar</b> % de cubierta de veg. arbustiva (1-5 m)		
	<b>40. Estimar</b> % de cubierta de herbáceas (<1m altura)		
	<b>41. Observar</b> Si esta fragmentado, longitud promedio de parches en la vegetación (m). Parches naturales o antrópicos.		
	<b>41. Observar</b> Si esta fragmentado, distancia promedio entre los parches consecutivos del tramo (m)		
	<b>42. Identificar tipo y presencia de</b> impacto antrópico de fragmentación (agricultura, ganadería, urbano, caminos, otros).		
			Valor indicador 40:
		Valor indicador 41:	
		Valor indicador 42:	
		Valor del atributo: Moda: Precaución:	Moda: Precaución:
	100% = 3 veces el tamaño del cauce ó >60m - 250m longitud		

C	Atributo	14. Composición y Estructura de la vegetación ribereña	Margen Izquierdo	Margen Derecho
I	Descriptor	Observar Asociaciones predominantes de la vegetación		
	Indicadores de desempeño	43. Identificar especies arbóreas y clase de abundancia de especies nativas		
		43. Identificar especies arbustivas y clase de abundancia de especies nativas		
		43. Identificar especies herbáceas y clase de abundancia de especies nativas		
		43. Estimar clase de abundancia de especies de lianas y epífitas		
		43. Estimar clase de abundancia de especies exóticas: nombre común/científico		
		44. Observar / Consultar salud de las especies arbóreas nativas (Buena, regular o mala) por daños, enfermedades o marchitez.		
		45. Estimar clase de abundancia de cubierta de especies invasoras como cañas, carrizales, juncos		
		46. Estimar clase de abundancia de cubierta por especies ruderales o vegetación secundaria		
		Valor indicador 43:		
		Valor indicador 44:		
		Valor indicador 45:		
		Valor indicador 46:		
		Valor del atributo:	Moda: Precaución:	Moda: Precaución:
		Clase de Abundancia: Dominante, Abundante, Moderada, Escasa, Ocasional, Nula.		
C	Atributo	15. Diversidad de edad y Regeneración Natural	Margen Izquierdo	Margen Derecho
I	Descriptor	47. Estimar presencia (A, M, E, O, N) y tipo de edades plantulas (>.5m de altura), jóvenes (0.5 - 1m de altura), adultos (aprox. 1 - 5 m altura), maduros (>5m),		
	Indicadores de desempeño	48. Estimar presencia de regeneración (A, M, E, O, N) por plantulas (<1año, <0.5m altura) y jóvenes (0.5 - 1m de altura) y ubicación (orilla, ribera, ladera, bancos		
		49. Identificar   Consultar tipos y presencia de impactos antrópicos en la regeneración (inundaciones, pastizal inducido, herbicidas, compactación,		
		Valor indicador 47:		
		Valor indicador 48:		
		Valor indicador 49:		
		Valor del atributo:	Moda: Precaución:	Moda: Precaución:

#### 4. Protocolos de aplicación de la propuesta metodológica de evaluación del ecosistema fluvial

En el siguiente capítulo se detallarán los materiales y procedimientos necesarios para aplicar la metodología y herramientas de evaluación del ecosistema fluvial.

##### a. Protocolo de elección y caracterización del área de estudio para la evaluación del ecosistema fluvial

El presente protocolo consiste en detallar los criterios, métodos y pasos para la caracterización del área de estudio y muestreo para la obtención de datos sobre los elementos que conforman el ecosistema fluvial de interés.

##### 1. Caracterización general del territorio donde se encuentra el ecosistema fluvial a evaluar

Recopilación de información a través de SIG, consulta bibliográfica o informantes clave (manejadores de RRNN, investigadores, organizaciones, entre otros que conozcan el territorio).

- 1.1 Características biofísicas: ubicación geográfica; geología; pendiente; elevación; clima; superficie
- 1.2 Características socioeconómicas: uso de suelo; ubicación de núcleos urbanos; líneas de comunicación; actividades socioeconómicas de la cuenca;

perturbaciones e impactos ambientales; proyectos de manejo de recursos naturales en la zona; actividades socioculturales sobre el recurso hídrico.

1.3 Identificación de informantes clave del territorio a evaluar el ecosistema fluvial

1.4 Presentar mapa de caracterización del territorio (cuena, subcuena, microcuena).

## 2. *Caracterización del ecosistema fluvial de interés*

Recopilación de información a través de SIG, imágenes satelitales por *Google Earth* consulta bibliográfica y consulta a informantes clave del área de estudio. Identificando la siguiente información:

2.1 Orden de la red hídrica

2.2 Identificación del cauce principal de interés del ecosistema fluvial (determinado a partir del interés del manejador(es) del territorio o investigador).

2.3 Perfil longitudinal del cauce principal del ecosistema fluvial

2.4 Identificación y delimitación de la zona alta, media y baja del cauce principal del ecosistema fluvial en la cuena de interés. Los criterios para delimitarlos son de características topográfica y ubicación (Rosgen 1994; Faustino y García 2004; Horacio y Ollero 2011; Ordoñez J. 2011:

**Zona alta:** curso alto o superior en el territorio, ubicado en lo más alto del relieve, cauces angostos, conocidos como quebradas, cabeceras de la cuena o ríos de montaña. En un mapa puede ubicarse en las zonas montañosas con altos rangos de altitud y pendiente, cercanos a las nacientes.

**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 en el territorio. Altitud, orden y pendiente con gran variabilidad, lo cual dificulta su definición.

**Zona baja:** curso ubicado en partes bajas del territorio, pendientes <1%, ubicación de desembocaduras a ríos más grandes, lagos o el mar, identificando con ello planicies, ampliación del perfil transversal del cauce y llanuras aluviales con valles abiertos.

Presentar un mapa con la ubicación de las zonas del ecosistema fluvial en el territorio. Es importante identificar, según las características mencionadas, su presencia o ausencia en el territorio (es posible encontrar escenarios sin zona baja), pues esto permitirá evaluarlo adecuadamente y evitar confundir los cambios naturales por los producidos por el ser humano.

## 3. *Identificación y ubicación de transectos como método de evaluación de los elementos del ecosistema fluvial*

3.1 Los transectos son de una longitud de 250 m; esta medida se dio a partir de las experiencias de las metodologías analizadas y por recomendaciones en comunicación personal de la Dra. Ortiz- Arrona<sup>2</sup>, donde se asume que en esta

---

<sup>2</sup> Inicial del nombre. Ortiz- Arrona. 12 enero 2018. PhD. Comunicación personal. Autlán, México.

longitud se encontrarán los diversos elementos del ecosistema fluvial, sus variantes e impactos que los degradan. Para lograr representar el estado ecológico del ecosistema fluvial, estos transectos se distribuirán en la red hídrica de interés según los siguientes criterios.

3.2 La ubicación y frecuencia de transectos puede determinarse por dos métodos; la elección de uno u otro dependerá de los recursos tiempo, mano de obra y financiamiento con que el evaluador tenga acceso.

a) Método sistemático: se ubicarán tramos en cada zona del cauce principal (alta, media y baja) de 250 metros con una separación entre ellos de 500 metros, iniciando su colocación en la parte más alta con dirección del flujo de agua. El número de estos dependerá de la longitud total del ecosistema fluvial.

b) Distribución de transectos en cada zona alta, media y baja del territorio con los siguientes criterios: ubicación de transectos antes y después de cada asentamiento humano (zonas rurales o ciudades); al menos uno en un tipo de uso de suelo ahí presente (agrícola, forestal, agroforestal, ganadero, minero, industrial, entre otros); consultar a los informantes clave o manejadores del territorio la ubicación de transectos de su interés debido a algún manejo que se esté desarrollando y deseen monitorear su influencia en el estado ecológico de los elementos del ecosistema fluvial. También serán influenciados por la accesibilidad al sitio: consultar a los informantes clave posibilidades de acceso según distancia y seguridad.

3.3 Ubicación de transecto de referencia por cada zona (alta, media o baja) del ecosistema fluvial que se encuentre en la cuenca. Este transecto se identifica con imágenes satelitales ubicando zonas de la red hídrica con abundante cobertura arbórea, o consulta a los informantes clave de partes del ecosistema fluvial donde se reconozca que no existe presencia de impactos humanos o que estos sean ocasionales o abandonados, sin olvidar consultar la oportunidad de acceso. En caso de no ubicarlo reportarlo en el informe de evaluación.

3.4 Asignar un código a cada transecto dependiendo la zona en que se encuentre, número consecutivo o si es de referencia.

## **b. Protocolo de campo para la recolección de datos de los indicadores de cada atributo del ecosistema fluvial: materiales y métodos**

### *1. Materiales y consideraciones generales para llevar a campo*

Materiales: credenciales, silbatos, radio y botiquín.

Consideraciones: -Permanecer acompañado por un equipo o experto en el territorio

-Identificar que el acceso al sitio sea seguro

-Solicitar permiso de acceso al sitio a actores clave de la zona

-Comunicación constante con el equipo por medio del silbato o radio para llamar su atención para avisos o advertencias de peligro como crecidas

### *2. Ubicación y delimitación de transectos en el ecosistema fluvial*

Materiales: GPS, mapa y coordenadas de los transectos, zapatos de río o botas de plástico, estacas, cinta métrica, cámara fotográfica, listones de colores.

Procedimiento: Ubicar punto de inicio (0 m) y fin del transecto (250 m) en dirección del flujo de la corriente; poner un listón para señalar ambos puntos.

### 3. Toma de datos según secciones de la hoja de campo

Sección 1 | Datos generales del transecto (seguir el orden del formato):

- A través del GPS registrar coordenadas y altitud del punto de inicio y final.
- Registrar zona, código de transecto, nombre de la localidad y nombre del río consultando mapas y/o informantes clave.
- Por medio de la observación, estimación y consulta, identificar la ubicación marcándola con una X en río, ribera o ladera, presencia (abundante, moderada, escasa, ocasional, nula) y descripción de usos e impactos antrópicos en el transecto.

Sección 2 | Datos y dibujo para perfil transversal

- Generar un dibujo del perfil transversal del ecosistema fluvial puntualizando en trazados de la forma del cauce, distribución de bancos de sedimentos, orillas, lámina de agua, cobertura de ribera, construcciones y/o usos del ecosistema fluvial.
- Agregar mejoras y elementos al dibujo según se recorre el transecto.
- Asignar medidas de ancho de lámina de agua, ancho de cauce, altura promedio de orillas, estimación de ancho de riberas hasta la ladera, al fin de recabar la información de los indicadores de cada atributo.

Antes de pasar a las siguientes secciones, cabe mencionar que para cada atributo se toman datos de los indicadores que los componen. Hay dos tipos de indicadores: descripción y desempeño. En cada sección se describe los métodos y materiales para recopilar la información que cada tipo de indicador.

Sección 3 | Datos CAUCE

Conforme a la longitud ubicada en el transecto del ecosistema fluvial, se debe desarrollar el recorrido de los 250 m de inicio a fin, aplicando ejercicios de observación e identificación de las características de los elementos que indica la hoja de campo para la evaluación de los indicadores y atributos del cauce.

Las consultas se desarrollan según los informantes clave identificados en el área de estudio o acompañantes que tengan conocimiento del territorio de interés. Dichas consultas se realizarán según lo que requiera la hoja de campo.

Las estimaciones de presencia o afectación son a partir de porcentajes, en donde la superficie de referencia del 100% es el ancho del cauce entre las orillas izquierda y derecha a lo largo de la longitud (250 m) del transecto. Esta superficie variará según el tipo de cauce identificado en campo. Hacer la recopilación de los datos según lo que señale la hoja de campo y la manera en que este se presenta.

#### Sección 4 | Datos CORRIENTE

Al igual que el componente anterior, conforme a la longitud ubicada en el transecto del ecosistema fluvial se debe desarrollar el recorrido de los 250 m de inicio a fin, aplicando ejercicios de observación e identificación de las características de los elementos de la corriente (lámina de agua presente en el cauce) que indica la hoja de campo para la evaluación de los indicadores y atributos de la corriente.

Las consultas se desarrollan según los informantes clave identificados en el área de estudio o acompañantes que tengan conocimiento del territorio de interés. Dichas consultas se realizarán según lo que requiera la hoja de campo.

Las estimaciones de presencia o afectación de dan en porcentaje, en donde la superficie de referencia del 100% es el ancho (según el sitio) y largo (250 m) de la lámina de agua presente en el transecto. Esta superficie variará según el tipo de cauce identificado en campo. Hacer la recopilación de los datos según lo que señale la hoja de campo y la manera en que este se presenta.

En el caso del componente corriente se agregan métodos adicionales para determinar el estado ecológico de los atributos calidad y cantidad de agua.

*Calidad de agua:* se sugiere utilizar métodos existentes de bioindicadores y/o parámetros fisicoquímicos que se adecuen a las accesibilidades de tiempo, recursos y apoyo técnico para la obtención de datos en campo.

Una vez elegido uno o ambos métodos de evaluación de calidad, se sugiere adecuar los rangos o resultados a las cinco escalas de desempeño que se desarrollan en el formato de evaluación. Esto permite una flexibilidad en el formato de evaluación en la agregación y combinación de indicadores que puedan lograr una evaluación al atributo, tal es el caso de la calidad del agua.

*Cantidad de agua:* Además de realizar el protocolo general por observación, consulta y estimación de todos los demás atributos se recomienda desarrollar en campo la toma de datos del caudal para generar antecedente de cantidad de agua presente en la zona. A pesar de que este dato es para un indicador descriptivo de los elementos del ecosistema fluvial, posteriormente, al tener una mayor base de datos de las cantidades del caudal podrán identificarse cuantitativamente posibles cambios del caudal de la zona.

Existen diversos métodos para medir el caudal. La elección de uno de estos será a partir de los recursos que cuente el evaluador: tiempo, financiamiento y apoyo técnico.

#### Sección 5 | Datos RIBERA

Conforme a la longitud ubicada en el transecto del ecosistema fluvial se deben desarrollar recorridos de 250 m en cada margen izquierdo y derecho de la zona ribereña, según los puntos de inicio y fin del transecto. En el recorrido de cada margen deben aplicarse procedimientos de observación e identificación de las características de los elementos que indica la hoja de campo para la evaluación de los indicadores y atributos de la ribera.

Las consultas se desarrollan según los informantes clave identificados en el área de estudio o acompañantes que tengan conocimiento del territorio de interés. Dichas consultas se realizarán según lo que requiera la hoja de campo.

Las estimaciones de presencia o afectación se da a partir de porcentajes, en donde la superficie de referencia del 100% es el ancho entre la orilla del cauce y el inicio de la ladera y el largo es la longitud (250 m) del transecto. Esta superficie variará según el tipo de cauce identificado en campo. Hacer la recopilación de los datos según lo que señale la hoja de campo y la manera en que este se presenta.

Al término de la recopilación de información de cada uno de los elementos del ecosistema, la hoja de campo tiene secciones donde se pide al evaluador asignarle un valor a cada indicador según la descripción de las escalas de desempeño que se presentan para cada uno.

Para ello, debe utilizarse el formato de evaluación del estado ecológico del ecosistema fluvial en donde el evaluador, a partir de la información observada y recopilada en los recorridos de campo, debe determinar la escala de desempeño al que corresponden los datos obtenidos. Se debe determinar un valor entre 5, 4, 3, 2 o 1 para cada indicador basándose en los estados ecológicos presentados en el formato antes mencionado. Esta información permitirá al evaluador desarrollar el protocolo de agregación que se describe a continuación.

**c. Protocolo de evaluación del ecosistema fluvial: agregación de valores por escalas del ecosistema fluvial, interpretación de resultados y propuestas de manejo según resultados de evaluación**

*Agregación de valores de las escalas de desempeño*

La agregación de los valores obtenidos por cada uno de los indicadores permitió generar un resumen de los resultados, logrando representar el estado ecológico del conjunto de elementos del ecosistema fluvial bajo diversas escalas: por atributo, por componente, por transecto, por zona del ecosistema fluvial y del estado ecológico general del ecosistema fluvial de la cuenca.

Dicha agregación se desarrolló a partir de la combinación de métodos cualitativos: moda y principio de precaución. La moda es el valor con mayor frecuencia en una distribución de datos. Con base a este criterio, para cada atributo se tiene una serie de indicadores que otorgaran una distribución de datos de los valores asignados por las escalas de desempeño. De esta serie de datos se identificará el número con mayor frecuencia y se le asignará el resultado al nivel siguiente que es el atributo. Posteriormente se realizará el mismo ejercicio para el conjunto de datos de cada atributo asignando el resultado al componente, después de cada componente al transecto, de cada transecto a la zona del ecosistema fluvial en que se encuentra hasta llegar a un valor único, resumen del estado ecológico general del ecosistema fluvial.

Consideraciones:

- En caso de que en la distribución de datos existan valores con frecuencias iguales, se elegirá el valor menor (aplicando el principio de precaución).

- El valor 5 solo se asignará si toda la distribución de datos es 5, si se presenta algunos de ellos con un valor menor a este, a pesar de que 5 sea el de mayor frecuencia, se asignará 4. Esto debido a cumplir con las características de la escala de desempeño a la que equivale 5 “Excelencia, donde todos los elementos se encuentran en estado natural y no han sido perturbados por el humano.” Entonces al haber un cambio en algún indicador este refleja que ya no tiene un estado excelente.

El principio de precaución es el valor más bajo de una distribución de datos. Con base a los datos obtenidos de la evaluación de cada indicador de desempeño se identificará cuál es el valor más bajo como resultado resumen para el atributo que este conjunto de indicadores represente. Se realizará el mismo procedimiento para la distribución de datos de los atributos, componentes, transectos y zonas del ecosistema fluvial hasta llegar a un valor único para obtener un resultado final para el ecosistema fluvial.

Consideraciones:

- El principio de precaución no representa el panorama general del ecosistema fluvial, solo focaliza los elementos más dañados a cualquier nivel. Útil para considerar a donde dirigir las acciones de manejo de restauración.

Cabe mencionar que ambos métodos se utilizarán y determinarán la valoración del estado ecológico del ecosistema fluvial, pues ambos brindan una visualización tanto general como precautoria que brinda información útil para la toma de decisiones.

## DISCUSIÓN

El desarrollo de la metodología, como bien se menciona al principio del documento, surge a partir de las oportunidades de mejora de algunas metodologías actuales para la evaluación de elementos del ecosistema fluvial, teniendo como objetivo principal desarrollar una propuesta que integre los diversos componentes que lo conforman, que tome en cuenta los cambios naturales que sufre a partir de la influencia del territorio y el clima, y sea sensible a los impactos antrópicos.

A partir de ello, y comparando algunas de las metodologías existentes analizadas (Anexo 1), se identificaron las siguientes innovaciones de la metodología propuesta y los ajustes realizados para alcanzar el objetivo anteriormente mencionado:

1. *Indicadores diferenciados y evaluados individualmente*: se hace una diferenciación de cada uno de los 51 indicadores de desempeño que identifican el estado ecológico del atributo que representan para ser evaluado de manera individual lo cual permite al evaluador evitar confusión de asignación de valores del estado ecológico de un atributo por la diversidad de indicadores.

Esta innovación surge al identificar que en algunas metodologías existentes y analizadas (RQI, SHS, SVAP, IQM, QBR, IHG, EVQ), se identifica una confusión entre los distintos indicadores que utilizan en conjunto para evaluar un atributo, ya que en una sola escala de desempeño (excelente, bueno, aceptable, regular y malo) se encuentran presentes varios tipos de indicadores, y en ocasiones un indicador es acorde a un tipo de escala de

desempeño y otro difiere de este, generando un sesgo en la decisión del evaluador y propiciando una sobre o subvaloración del estado ecológico.

Por lo tanto, en la propuesta metodológica se intenta disminuir este sesgo al asignarlo a cada uno de los 51 indicadores su valor de influencia hacia el estado ecológico del ecosistema fluvial, evaluando cada uno individualmente.

## *2. Formato de evaluación diferenciando los cambios naturales del ecosistema fluvial: relieve, temporalidad, cuencas hidrográficas, zonas altas, medias y bajas, clima*

En el formato de evaluación se intenta diferenciar los cambios que sufre el ecosistema fluvial según el factor que los causa para evitar con ello la sobre o subvaluación del estado ecológico del mismo. Como se identifica en la caracterización de los ecosistemas fluviales, al atravesar el territorio (cuenca hidrográfica) y, específicamente los que se encuentran en la zona intertropical americana, están expuestos a cambios por factores naturales en escala (atributos, comunidades, transectos, segmentos, cuencas, regiones), espacio (valle confinado, semiconfinado o abierto; zonas montañosas o valle; zonas costeras o glaciares; vegetación caducifolia, mesófila, páramos, desértica) y tiempo (temporada de lluvia o estiaje).

Estos cambios naturales no ocasionan la degradación de los ecosistemas fluviales a diferencia de los antrópicos; se identifican en su mayoría en el formato de evaluación en la sección de notas para que el evaluador tome cuidado al evaluar los cambios del ecosistema.

Cabe mencionar que existe una gran variación de cambios naturales según el entorno en que se encuentre el ecosistema fluvial, por lo que es importante continuar las validaciones de esta metodología en campo para identificar las diversas características del ecosistema fluvial ante diversos escenarios naturales y documentarlos para futuros ajustes.

## *3. Acompañamiento de formato de evaluación con hojas de campo y con protocolos (instrucciones, guía, notas de manejo, ajustes).*

Ya que uno de los objetivos de la propuesta metodológica es que manejadores de recursos, comunidades y tomadores de decisión sobre el manejo de los RRNN en su territorio sean capaces de evaluar sus ecosistemas fluviales y a partir de ellos, generar acuerdos de acción para el mantenimiento, conservación, restauración, aprovechamiento o rehabilitación, se desarrolló un esquema metodológico accesible y coherente.

Con base a las 11 metodologías (Anexo 1) utilizadas para la construcción de la propuesta metodológica se identificaron tres herramientas necesarias para acompañar al evaluador para identificar el estado ecológico de los ecosistemas fluviales, las cuales son el formato de evaluación (donde se compilan las diversas escalas de desempeño de los diversos elementos que conforman al ecosistema fluvial), la hoja de campo (donde se especifica que información y como obtenerla para evaluar cada atributo del ecosistema) y los protocolos de aplicación (donde se detallan los procedimientos que el evaluador debe efectuar a detalle para completar la evaluación).

## *4. Agregación cualitativa de valores y combinación de métodos moda y principio de precaución*

Como se menciona en el análisis de los resultados (Anexo 1), algunas de las limitaciones de la metodología es la agregación cuantitativa de datos cualitativos que se obtiene al asignarle un valor al estado ecológico de los diversos elementos del ecosistema fluvial y posteriormente sumar, promediar, generación de rangos o restar estos valores, lo cual estadísticamente es incorrecto. Tal es el caso de las metodologías RQI, BMWP, QBR, IHG, SHS, entre otras.

Como oportunidad de mejora de la propuesta metodológica, se genera la agregación de los datos cualitativos excelente = 5, bueno = 4, aceptable = 3, regular = 2 y malo = 1 por medio de métodos cualitativos como moda y principio de precaución.

Esto permite que no haya un sesgo en la agregación y se cumplan con los principios del tipo de datos utilizados y recopilados. Cabe mencionar que el uso en conjunto de los dos métodos de moda y principio de precaución permite identificar no solo un estado ecológico general del conjunto de datos de los elementos que integran al ecosistema fluvial, sino que también permite focalizar e identificar los atributos más dañados e identificar los riesgos y esfuerzos necesarios ante un escenario de degradación.

##### *5. Agregación de valores de las escalas de desempeño para diversas escalas del ecosistema fluvial (atributos, componentes, transectos, zonas y cuenca hidrográfica).*

La organización lógica y jerárquica que se desarrolló en el esquema de PC&I para ecosistemas fluviales, permite generar evaluaciones a diversas escalas a partir de una agregación cualitativa siguiendo el orden jerárquico.

Esta innovación permite que el evaluador vaya de una escala a nivel atributo, hasta un nivel general que en este caso sería la cuenca hidrográfica como unidad territorial de evaluación del ecosistema fluvial, en donde se identifica no solo el valor general (moda) por la agregación, sino también que puede focalizarse el elemento más afectado (principio de precaución) en cualquiera de las escalas.

##### *6. Flexibilidad del esquema metodológico de evaluación del estado ecológico del ecosistema fluvial*

Debido a que se sigue un esquema lógico y jerárquico gracias a la ordenación según el esquema de PC&I, la metodología permite que el formato tenga modificaciones necesarias sin perder su sentido. Es decir, es posible agregar y/o eliminar componentes que el evaluador crea necesarios, generando una reordenación del esquema y permitiendo la continuación de la evaluación sin necesidad de perjudicar el resultado final.

A manera de ejemplo, algunos atributos del componente CORRIENRE pueden no ser evaluados debido a la ausencia de una lámina de agua por cuestiones naturales (época de estiaje en un río intermitente), por lo que el evaluador justifica el no uso de la evaluación de la CORRIENTE en esa época y evalúa CAUCE y RIBERA, generando la agregación necesaria para cada uno de estos sin sobre o subvaluar la CORRIENTE.

Otro ejemplo es el cambio de metodologías o materiales utilizados para evaluar los atributos, según la disponibilidad y conocimiento de uso en el área de estudio.

Las metodologías utilizadas para determinar la calidad y/o cantidad de agua varían conforme a los recursos financieros y técnicos disponibles, por lo que la metodología es flexible al cambio siempre y cuando el evaluador lo justifique y adecue los rangos pertenecientes a la metodología a utilizar en el formato de evaluación cumpliendo con indicadores de cinco escalas de desempeño para, posteriormente, generar una evaluación con los cinco diversos estados ecológicos (excelente, bueno, aceptable, regular y malo).

## CONCLUSIONES

Se analizaron 17 metodologías de evaluación de ecosistemas fluviales para identificar potencialidades y limitaciones de uso para la aplicación y construcción de una propuesta de evaluación integral del estado ecológico de los ecosistemas fluviales a diferentes escalas en la zona intertropical americana, diferenciando cambios naturales de antrópicos que los afectan a través del territorio de interés.

Las principales limitantes de las metodologías analizadas fueron: características de los elementos del ecosistema fluvial con base en climas templados; sobreestimación de la evaluación por combinar varios tipos de indicadores en una escala de desempeño y generar la agregación de valores cualitativos por métodos cuantitativos; falta de diferenciación entre cambios naturales que sufre el ecosistema a través del territorio y cambios propiciados por impactos antrópicos.

En la construcción de la propuesta metodológica de evaluación del estado ecológico del ecosistema fluvial, se tomaron como base 11 metodologías de las analizadas, utilizando información para la construcción de rangos, indicadores, escalas de jerarquización entre los elementos del ecosistema fluvial, ejemplos de protocolos y herramientas de aplicación de evaluación en campo y experiencias de agregación a diversas escalas.

En la metodología los elementos evaluados fueron tres componentes principales (cauce, corriente y ribera), 16 atributos que integran a cada componente y 51 indicadores de desempeño distribuidos en cada atributo para la identificación del estado ecológico.

Los valores cualitativos para determinar las escalas de desempeño del estado ecológico del ecosistema fluvial son: 1 = Malo, 2 = Regular, 3= Aceptable, 4 = Bueno y 5= Excelente.

Los métodos de agregación utilizados son cualitativos: moda y principio de precaución. Su combinación brinda tanto información general del ecosistema fluvial (moda), así como focalizar en los atributos más dañados (principio de precaución) y su ubicación permitiendo generar decisiones de precaución para controlar su deterioro y ejecutar acciones para su recuperación, en caso de que se encuentren en un estado regular o malo.

Finalmente, se generaron herramientas de evaluación: formatos de evaluación y hojas de campo; así como protocolos de aplicación de dichas herramientas y los métodos de agregación para lograr una evaluación adecuada de los ecosistemas fluviales en campo. Con base a ello se generaron propuestas de manejo para el mejoramiento y/o mantenimiento del estado e integridad ecológica de los ecosistemas fluviales.

## LIERATURA CITADA

- Alcaraz, M; Luis, J; Navarro-Llácer, C; de las Heras Ibáñez, J. 2006. Propuesta de un índice de vegetación acuática (IVAM) para la evaluación del estado trófico de los ríos de Castilla-La Mancha: comparación con otros índices bióticos. *Limnetica* 25(3):821-838.
- Arteaga, C. Inicial nombre; y González, M. Inicial nombre. 2001. Diagnóstico. En *In Desarrollo comunitario* (pp. 82-106). México, : UNAM. p. 82-106 .
- Arrojo, P. 2010. Crisis global del agua: valores y derechos en juego. Barcelona. *Cristianisme i Justícia*. Ciudad, País, Von Borstel.
- Arrojo A. 2015. Punto de partida: El reto de integrar valores y principios ecológicos, sociales y éticos. *In* Moral Ituarte, L; Agudo, PA; Grao, TH. 2015. El agua: Perspectiva ecosistémica y gestión integrada. Zaragoza, España, Fundación Nueva Cultura del Agua.
- Bjorkland, R; Pringle, CM; Newton, B. 2009. A stream visual assessment protocol (SVAP) for riparian landowners. *Environmental Monitoring and Assessment*68(2):99-125.
- Brierley, G., Fryirs, K., & Jain, V. (2006). Landscape connectivity: the geographic basis of geomorphic applications. *Area*, 38(2), 165-174.
- Bucher, E; Castro, G; Floris, V. 1997. Conservación de ecosistemas de agua dulce: Hacia una estrategia de manejo integrado de recursos hídricos. Washington, EUA. Ciudad, País, Inter-American Development Bank.
- Camacho Valdez, V; Ruiz Luna, A. 2012. Marco conceptual y clasificación de los servicios ecosistémicos. *Revista Bio Ciencias* 1(4):3- 15.
- Cervantes Zavala, R; Faustino Manco, J; Jiménez Otárola, J; Benegas, L. 2009. Principios y criterios para la cogestión de cuencas hidrográficas en América Tropical. *Recursos Naturales y Ambiente* 56-57:59-65.
- Cooney, R. 2004. El principio de precaución en la conservación de la biodiversidad y la gestión de los recursos naturales. s. n. t.. 45 p.
- Vásquez, D; Springer, M; Castro, A; Kohlmann, B. 2010. Universidad EARTH, Costa Rica. Guía Ilustrada. Costa Rica. UCR; Univ. EARTH.
- Faustino, J; García, S. 2004. Manual de manejo de cuencas. San Salvador, El Salvador, World Vision.
- González del Tánago, M; García de Jalón, D. 2006. Attributes for assessing the environmental quality of riparian zones *Limnetica* 25(1-2):389-402.
- 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.
- Imbach, A. 2006. Tarjeta de evaluación de cuencas hidrográficas (TECH) y su aplicación piloto a la cuenca del Río Coapa Pijijiapan, Chiapas. México.

- Jansen, A; Robertson, A; Thompson, L; Wilson, A. 2005. Development and application of a method for the rapid appraisal of riparian condition. Australia, Canberra, Land & Water. (River Management Technical Guideline No. 4).
- 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 del Agua.
- Lee, D. 1968. El clima y el desarrollo económico en los Trópicos. Ciudad, México. Union Topográfica Editorial Hispano Americana., Editor.
- 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.
- Martínez Fernández. 2015. Metodologías y herramientas para la planificación y gestión integrada del agua. *In* Moral Ituarte, L; Agudo, PA; Grao, T H. 2015. El agua: Perspectiva ecosistémica y gestión integrada. Zaragoza, España, Fundación Nueva Cultura del Agua.
- Martínez S. 2008. Conectividad funcional para aves terrestres dependientes de bosque en un paisaje fragmentado. Nicaragua.
- Moral Ituarte, L; Agudo, PA; Grao, TH. 2015. El agua: Perspectiva ecosistémica y gestión integrada. Zaragoza, España, Fundación Nueva Cultura del Agua.
- 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. México, Diario Oficial de la Federación.
- Ollero, A; Ballarín, D; Mora, D. 2009. Aplicación del índice hidrogeomorfológico IHG en la cuenca del Ebro. Guía metodológica. España, Confederación Hidrográfica del Ebro.
- Ordoñez, J. 2011. Contribuyendo al desarrollo de una cultura del agua y la gestión integral del recurso hídrico. Lima, Perú, Sociedad Geográfica de Lima.
- Ortiz Casa, JL. 2002. La directiva marco del agua: aspectos relevantes para el proyecto GUADALMED. *Limnetica* 21(3-4):5.12.
- 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.
- Reché. 2003. Sensibilidad de los ecosistemas acuáticos a la radiación ultravioleta: el papel de la materia orgánica disuelta. *Ecosistemas*, XII(1):1-11.
- 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. Thesis Maestría en Ciencias Ambientales. Río Piedras, Puerto Rico, Universidad de Puerto Rico.
- Rosgen, DL. 1996. Applied river morphology. *Wildland Hydrology*.
- Ruiz-Picos, RA; Kohlmann, B; Sedeño-Díaz, JE; 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.
- Sabater, S.; Elosegi, A. 2009. Importancia de los ríos. Cap. 1. In *Conceptos y técnicas en ecología fluvial*. España, Fundación BBVA. España, Rubes Editorial.
- Sabater, S. Inicial; Donato, C.; Giorgi, A.; Elosegi, A. 2009. El río como ecosistema. Cap. 2. In *Conceptos y técnicas en ecología fluvial*. España, Fundación BBVA. España, Rubes Editorial.
- SHS (Stream Habitat Survey). s.f. Programa de monitoreo voluntario de calidad de agua en Georgia “Adopta una corriente”. Disponible en <https://adoptastream.georgia.gov/documents/stream-habitat-survey-form>
- Smith, MP; 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.
- 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; Arrojo Agudo, P; Herrera Grao, T. 2015. *El agua: Perspectiva ecosistémica y gestión integrada*. Zaragoza, España, Fundación Nueva Cultura del Agua. p. 120-184.

## CAPÍTULO 2: Validación en campo de propuesta metodológica para la evaluación integral del estado ecológico del ecosistema fluvial en la microcuenca El Tablón, Chiapas, México

Enriquez-Brambila, Enya Roseli  
Imbach, Alejandro  
Ortíz-Arrona, Claudia Irene  
Chaves, Anny  
Benegas, Laura

### RESUMEN

El artículo presenta los resultados de la validación en campo de la propuesta metodológica de Evaluación del Estado Ecológico del Ecosistema Fluvial, mediante la aplicación de las herramientas y protocolos generados en la construcción de la metodología que se desarrolló en la primera etapa del proyecto de investigación. La validación se realizó en el ecosistema fluvial de la microcuenca El Tablón, Chiapas, México, la cual forma parte del área de influencia del Área Natural Protegida La Sepultura. El ecosistema fluvial fue evaluado por medio de 14 transectos de 250 m distribuidos en las zonas: alta, media y baja en el territorio. En cada uno de los transectos se aplicó la evaluación de 51 indicadores de desempeño, 16 atributos y 3 componentes principales (cauce, corriente y ribera) que integran la estructura y funcionamiento del ecosistema fluvial. A partir de dicha evaluación se identificó tanto las características como el estado ecológico (excelente, bueno, aceptable, regular y malo). El estado ecológico del ecosistema fluvial resultó “aceptable”. Además se identificaron atributos en un estado “malo”; en el cauce los más afectados fueron los bancos de sedimentos y la estabilidad de las orillas debido a la extracción pétreo, la falta de cobertura vegetal, erosión y compactación del suelo en estas zonas; en el caso de la corriente el atributo más afectado fue la calidad del agua por la presencia de vertimientos y basura y en la ribera la estructura y funcionalidad de la vegetación ribereña afectada principalmente por el cambio de uso de suelo con malas prácticas. A partir de la evaluación se generó una serie de propuestas de manejo para contribuir a la recuperación de la estructura y funcionamiento del ecosistema fluvial en el territorio, impulsando acciones encaminadas en mantener y recuperar algunos de los servicios que los habitantes de esta zona obtienen del mismo.

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

### INTRODUCCIÓN

La evaluación del estado ecológico de los ecosistemas permite identificar características naturales y factores de cambio que afectan su dinámica e integridad (Martínez Fernández 2015).

Al evaluar los ecosistemas nos brinda una idea general de cuan degradados o conservados se encuentran y con ello tomar decisiones adecuadas para su manejo, así como prever futuras afectaciones por la posible pérdida de estructura y funcionalidad por los diversos impactos humanos (Arrojo 2010; 2015; Martínez Fernández 2015).

Uno de los ecosistemas de interés para ser evaluados y reconocer su estado e impactos que lo afectan son los ecosistemas fluviales. Ya que 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 (Bucher *et al.* 1997; Arrojo 2010; 2015; la Calle 2015)

Aunado a lo anterior, se suma la fuerte presión antrópica que sufren los ecosistemas fluviales por las actividades urbanas, industriales, agrícolas y/o mineras (Bucher *et al.* 1997; Reché 2003; Arrojo 2010; 2015; Mendoza Cariño; *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 como un canal para desechos, culpables de las inundaciones y desastres naturales) (Bucher *et al.* 1997; Mendoza Cariño *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. El uso del agua en México no sólo genera problemas ambientales, sino también sociales y económicos pese a existir la Ley de Aguas Nacionales, un instrumento normativo que regula dicho recurso” (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 una herramienta de toma de decisiones para el manejo adecuado del recurso hídrico y, consecuentemente, el ecosistema que lo resguarda. Sin embargo, es necesario evaluar más componentes, además del caudal, para garantizar la preservación de la integridad ecológica del ecosistema fluvial (Mendoza Cariño *et al.* 2014).

También existen diversos reglamentos en la LAN que intentan proteger estos ecosistemas; sin embargo, en la mayoría de los casos no se toman las decisiones con bases ecológicas según la dinámica que presenten en el territorio, así como el no involucramiento del factor antrópico, lo que vuelve difícil el acercamiento a una realidad sobre el estado ecológico del ecosistema fluvial y los impactos que sufre.

Por ello es prioritario reconocer qué, cuánto y dónde están siendo afectados los elementos de estructura y funcionamiento del ecosistema fluvial, así como identificar cuáles son los factores de degradación.

Bajo este contexto, en el presente trabajo se exponen los resultados de la validación de la propuesta metodológica para la evaluación del estado ecológico del ecosistema fluvial tomando en cuenta un esquema de evaluación de 51 indicadores, 16 atributos y 3 componentes principales de la estructura y funcionamiento del ecosistema fluvial.

La validación se realizó en la microcuenca El tablón, Chiapas, México, territorio que se ubica en la franja intertropical americana. En esta zona se reconoce la importancia de este ecosistema ya que de él dependen actividades ganaderas y agrícolas del territorio.

En el presente trabajo se exponen los resultados de la evaluación y se muestran ejemplos del desarrollo y aplicación en campo de la propuesta metodológica desarrollada en el Capítulo 1 del trabajo. 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.

## METODOLOGÍA

### Área de estudio

La validación en campo se desarrolló en la zona del río El Tablón que se encuentra dentro de la influencia del Área Natural Protegida La Sepultura, en la zona de la Sierra Madre de Chiapas, municipio de Villaflores, Región IV Fraylesca, Chiapas, México (Zamora y Ureña 2015). Con base en esta influencia, el territorio se delimitó a la microcuenca El Tablón (Figura 7). Se localiza entre las coordenadas 93° 45' y 93° 25' de longitud oeste y entre los 16° 10' y 16° 25' de latitud norte (Semarnap 1999 citado por Arellano-Monterrosas *et al.* 2002).

Abarca aproximadamente una superficie de 40 146 ha y un perímetro de 97,5 km, forma parte de la Región Hidrológica RH 30 (Arellano Monterrosas *et al* 2002); se caracteriza por su abrupta topografía, predominan las laderas con pendiente fuerte. Con un rango altitudinal entre 568 hasta los 2486 msnm (Rebise, s.f. citado por Zamora y Ureña 2015).

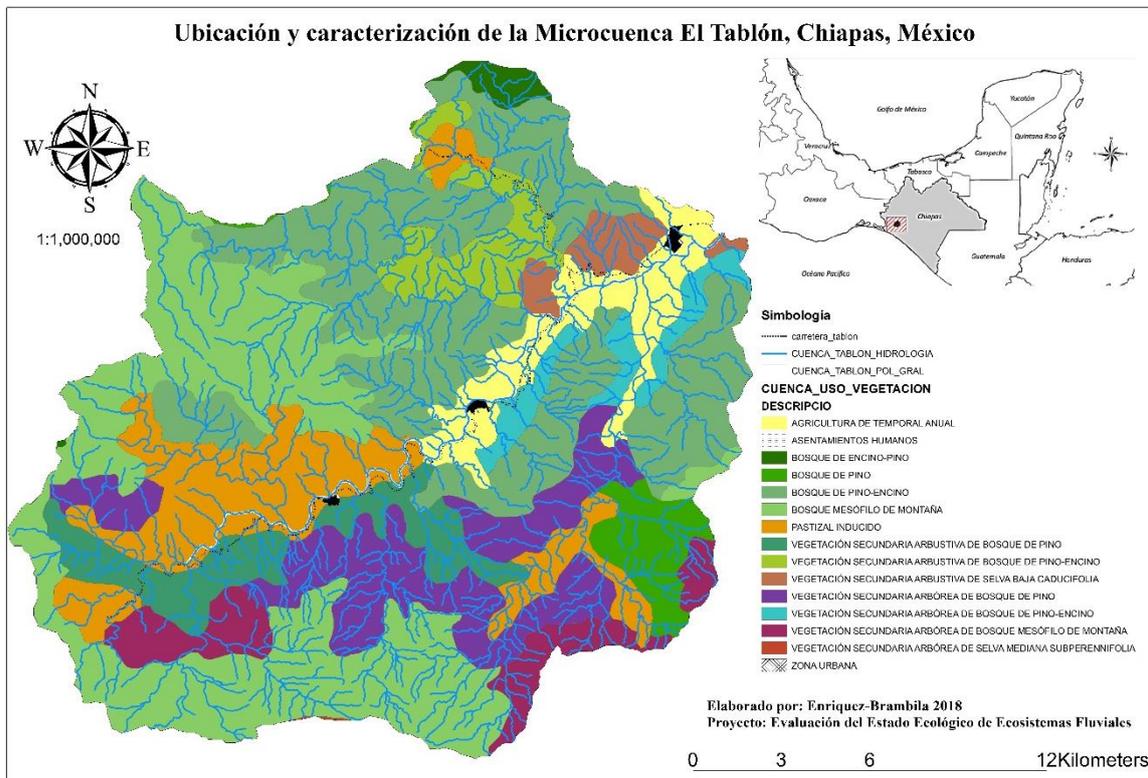


Figura 7. Ubicación de la microcuenca EL Tablón, Chiapas, México, Área Protegida La Sepultura, Chiapas, México

### *Descripción biofísica y socioeconómica*

El suelo de la microcuenca es susceptible a erosión; está conformado por regosol eutrítico y litisol asociados con cambisol crómico (Rebise, s.f); Muench 1982 citado por Arellano Monterrosas *et al.* 2002 menciona: “En los terrenos planos y ondulados suaves al fondo de los valles de los ríos (...) terrenos con depósitos aluviales recientes (...) Los suelos varían de acuerdo a su posición en el relieve: de tal manera, hacia las vegas de los ríos dominan los fluvisoles areno-arcillosos y sobre los terrenos planos con ondulaciones suaves y en las antiguas terrazas-aluviales dominan los vertisoles arcillo-arenosos y cambisoles areno-arcillosos corresponde a una zona de mesetas y cerriles (...).

El clima de esta área varía dependiendo de la zona alta, media o baja, con climas cálido subhúmedo, semicálido y templado húmedo con lluvias respectivamente, canículas en verano y lluvias invernales. Con rangos de temperatura que fluctúan entre 15° hasta 28°C dependiendo la zona del territorio en que se encuentre (Semarnap 1999 citado por Arellano Monterrosas *et al.* 2002). La precipitación media de la microcuenca es de 1147 mm (Rebise, s.f.)).

La vegetación presente se compone de bosques de pino-encino, bosque mesófilo de montaña, bosque ripario, selvas bajas caducifolias, matorral de niebla en las cumbres de los cerros Tres Picos y vegetación secundaria. La fauna presente, según el área de la Rebise, registra 406 especies de vertebrados terrestres, distribuidos de la siguiente manera: 24 especies de anfibios, 49 de reptiles, 236 de aves y 97 de mamíferos (IHN 1996 e INE 1999 citado por Zamora y Ureña 2015).

Según informes de Rebise, el recurso hídrico es uno de los más importantes que brinda el manejo de esta área. Sin embargo, existen impactos antrópicos que afectan el suelo, tales como erosión, lixiviación, arrastre de sedimentos y azolvamiento. Su calidad se ha perdido por el uso indiscriminado de agroquímicos y mal manejo de aguas negras (INE 1999 citado por Zamora y Ureña 2015).

La población de la microcuenca concentra el mayor número de ejidos y pequeñas propiedades con aproximadamente 14 centros de población. En total la población es de 6225 habitantes con localidades de alto grado de marginación y analfabetismo (Rebise, s.f.).

Las actividades productivas y de aprovechamiento de recursos naturales son la ganadería para carne y leche, seguida de la agricultura para la producción de maíz y frijol. En las partes altas y más frías se desarrolla el cultivo del café, producción de la palma camedor (*Chamaedorea* sp.) y madera aserrada de pino (Arellano Monterrosas *et al.* 2002; Zamora y Ureña 2015).

Las principales amenazas para el área de influencia en la cuenca a la altura de la Rebise han sido los incendios forestales ocasionados principalmente por los cambios de uso del suelo para la ganadería y la agricultura y la práctica de roza-tumba-quema (Zamora y Ureña 2015). Cabe mencionar que no existe vegetación natural sin perturbación en el área; se observan abundantes aperturas del dosel para el cambio de uso de suelo (Arellano Monterrosas *et al.* 2002).

### *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. Cabe mencionar que el área de estudio del ecosistema fluvial es el cauce principal de esta red hídrica limitada a la influencia del territorio de la Rebise.

#### *Cauce principal del ecosistema fluvial*

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 8 y 9). Se identifican cuatro ejidos y sus comunidades ubicadas en el área de influencia del ecosistema fluvial del cauce principal:

➔ Tierra y Libertad: ubicada en la zona alta del cauce principal; cuenta con 708 habitantes y un grado de marginación alto (Inegi 2010). Las estrategias de vida son extracción de madera, café, palma camedor, maíz y frijol y ganado (Zamora y Ureña 2015). Cuenta con unidad médica.

➔ Los Ángeles: ubicada en la zona media del cauce principal; tiene 891 habitantes y un grado de marginación alto (Inegi 2010). Sus estrategias de vida son café, maíz, frijol y ganado (Zamora y Ureña 2015).

➔ Ricardo Flores Magón: ubicada en la zona media del cauce principal, cuenta con 430 habitantes y un grado de marginación alto (Inegi 2010). Sus estrategias de vida son la resina, comercialización de maíz y frijol, pie de cría de ganado y calabaza (Zamora y Ureña 2015).

➔ Agrónomos Mexicanos: ubicada en la zona baja del cauce principal tiene 1202 habitantes y un grado de marginación medio (Inegi 2010).

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 del cauce y llanuras aluviales con valles abiertos.

### *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 los transectos de evaluación, cada uno con una longitud de 250 m según lo indica la metodología de evaluación de ecosistemas fluviales que se validó en campo. 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 consultas de logística (tiempo, financiamiento, acceso, transporte, seguridad) al director del ANP.

En total se identificaron 14 transectos en el cauce principal distribuidos en la zona alta, media y baja; en cada zona hay un transecto de referencia el cual se ubicó según imágenes satelitales y consultas que indicaran que el sitio no sufriera de aprovechamiento antrópico o fuera muy escaso.

En la zona alta se ubicaron cuatro transectos con los siguientes códigos según sus características y descendencia 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 descendencia 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 bajase identificaron tres transectos con los siguientes códigos según sus características y descendencia del cauce: ZB1 y ZB2 (antes y después de asentamiento humano) ZBR (zona de referencia) (figuras 8 y 9).



Figura 8. Ubicación de los transectos a evaluar en el cauce principal de la microcuenca El Tablón, Área Protegida La Sepultura, Chiapas, México

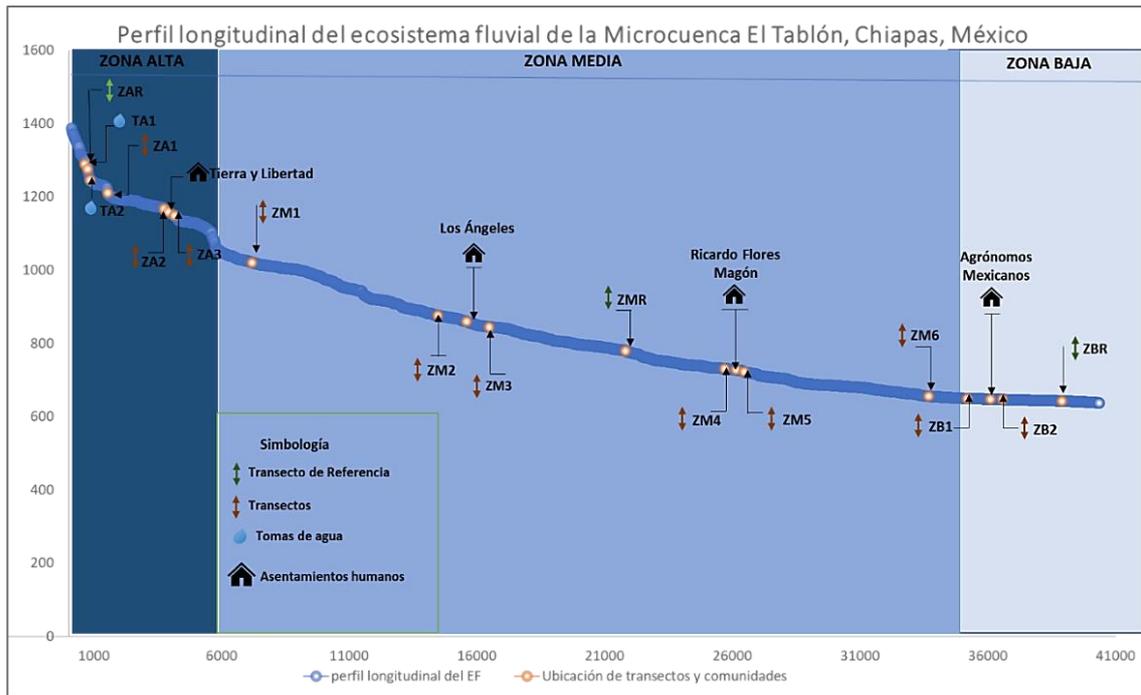


Figura 9. Perfil longitudinal del cauce principal del río El Tablón, Área Protegida La Sepultura, Chiapas, México

### Identificación de informantes clave de la microcuenca El Tablón

Los actores e informantes clave se identificaron a través de consultas a personas que tienen experiencia de trabajo en el área de estudio (comunidades rurales, agricultores, ganaderos, comisarios ejidales, ANP La Sepultura). También se identificaron durante los recorridos en campo, en consulta a personas que se encontraran presentes en alguna actividad en el río. En el Cuadro 24 se indica la lista de informantes consultados.

Cuadro 24. Lista de informantes clave de la microcuenca El Tablón, Área Protegida La Sepultura, Chiapas, México. SI: sin información

Nombre	Ocupación y edad
Alesxer Vazquez	Director del ANP La Sepultura   SI
Daniel Gómez Casillas	Técnico Botánico de La Sepultura   SI
Juvenal Hernández	Técnico de ANP La Sepultura   SI
Luis Corzo Montejo	Técnico de ANP La Sepultura   38
Fernando Moreno	Técnico de ANP La Sepultura   38
Carmelo López	Agricultor   Habitante de Tierra y Libertad   39
Abdiel Cabrera	Agricultor   Habitante de Tierra y Libertad   36
Ali Roblero	Agricultor   Habitante de Los Ángeles   28
Lizmabi Gutierrez	Comerciante   Habitante de Los Ángeles   24
Ramona Velasquez	Ama de casa   Habitante de Ricardo Flores   48
Amanda Toledo	Ama de casa   Habitante de Ricardo Flores   65
Argedio Rodriguez	Agricultor   Habitante de Ricardo Flores   24
Juvenal Hernández	Técnico de ANP   Habitante de Agrónomos   SI

### *Evaluación del ecosistema fluvial*

En cada uno de los transectos se implementó la metodología de evaluación de ecosistemas fluviales evaluando 51 indicadores, 16 atributos y 3 componentes principales. Se emplearon los formatos de evaluación, la hoja de campo y los protocolos de aplicación de la metodología de evaluación del estado ecológico del ecosistema fluvial.

En cada transecto se desarrollaron recorridos en campo para obtener la información requerida de la hoja de campo por medio de observaciones, mediciones, estimaciones y consultas.

En el caso de la evaluación de los atributos de calidad y cantidad de agua, se eligieron indicadores de desempeño accesibles en tiempo, financiamiento y apoyo técnico.

En el caso de calidad de agua se eligieron:

*Bioindicadores:* En la hoja de campo y formato de evaluación de la propuesta metodológica se analizaron y utilizaron los métodos de BMWP – CR con adaptación para MX (Anexo 1), la cual sigue el siguiente protocolo en campo según lo mencionado en los trabajos de Vásquez *et al* 2010 y la adaptación de valores de algunas familias en la guía ilustrada de Ruiz-Picos *et al* 2017.

*Materiales:* Guía ilustrada de bioindicadores de calidad de agua cuenca del río Tempisque (Vásquez *et al* (2010), hacer adaptación de valores según el país o características del área de estudio señalándolos en la guía y recopilando la información). |Red de mano fina (Kick-net, D-net o coladera), charola para colocar los macroinvertebrados, cronómetro, silbato, alcohol al 75%, recipientes de recolección, hoja de campo para macroinvertebrados. Equipo compuesto por lo menos de dos personas: para cumplir actividades de toma de muestras en la corriente y recolección de macroinvertebrados colocados en la bandeja en botes con el alcohol para su posterior identificación.

#### *Procedimiento:*

- 1) Selección de muestreo en el transecto.
- 2) Punto de muestreo contiene tres hábitats para los macroinvertebrados (hojarasca, sustrato del lecho y orillas).
- 3) El muestreo se desarrolló moviendo el sustrato y colocando la red en contra de la corriente para capturar los organismos que se desprendan. En las orillas se realizó en ambos márgenes, sustrato de pozas, remansos y rápidos y en hojarasca sacar paquetes de hojas del agua.
- 4) Cada captura debió de colocarse en la bandeja para que el segundo compañero seleccionara los macroinvertebrados y los depositara en los recipientes de alcohol. Este procedimiento se desarrolló para cada tipo de microhábitat durante 10 minutos, generando un esfuerzo de muestreo de 30 minutos.
- 5) Cada recipiente con alcohol se debió marcar con el nombre del sitio, fecha y nombre del recolector de macroinvertebrados.
- 5) En la identificación de macroinvertebrados se utilizó la guía ilustrada integrando las adaptaciones necesarias y a partir de las características de los organismos colectados identificar la familia a la que pertenecen.
- 6) Asignación de los valores que indica la guía a cada uno de los organismos identificados
- 7) Hacer una sumatoria de los valores por familias colectadas y determinar a qué nivel de calidad pertenece la muestra recolectada en el transecto según el Cuadro 25.

Cuadro 25. Rango de calidad por sensibilidad de familias de macroinvertebrados en la evaluación de los atributos de calidad y cantidad de agua del ecosistema fluvial de la microcuenca El Tablón, Área Protegida La Sepultura, Chiapas, México

BMWP-CR	NIVEL DE CALIDAD
>120	Aguas de calidad excelente
101–120	Aguas de calidad buena, no contaminadas o alteradas de manera sensible
61–100	Aguas de calidad regular, contaminación moderada
36–60	Agua de calidad mala, contaminadas
16–35	Agua de calidad mala, muy contaminadas
<15	Agua de calidad muy mala, extremadamente contaminadas

Fuente: Vásquez *et al.* (2010)

Cabe mencionar que en la recolección de los datos de este indicador se tuvo el apoyo de un equipo de estudiantes de la UNICACH, quienes fueron capacitados como primera vez en el tema para el desarrollo del muestreo, identificación y determinación de la calidad del agua por medio de esta metodología.

*Parámetros fisicoquímicos:* se obtuvieron por medio del *kit* de monitoreo “Alabama Water Quality”. Se eligió este método debido a su disponibilidad de uso en el territorio y la experiencia de su aplicación por los técnicos del ANP Sepultura que integraban el equipo de trabajo.

Se obtuvieron resultados de cinco parámetros fisicoquímicos, dos como indicadores descriptivos (pH y temperatura) y tres como indicadores de desempeño cuyos rangos fueron integrados en el formato de evaluación (dureza total, alcalinidad total y oxígeno disuelto).

- pH: mide la cantidad de iones de hidrógeno que contiene una solución determinada. El pH del agua puede variar entre 0 y 14; cuando es mayor de 7, es una sustancia básica y cuando está por debajo de 7, es ácida.
- Temperatura: La temperatura es una medida de la energía cinética media de las moléculas de agua. Se mide en una escala lineal de grados centígrados.
- Alcalinidad total: capacidad del agua para neutralizar ácidos y representa la suma de las bases que pueden ser tituladas; se mide por mg/L.
- Dureza total: suma de las durezas individuales debidas a los iones de calcio, magnesio, estroncio y bario en forma de carbonato o bicarbonato.
- Oxígeno disuelto: en un cuerpo de agua se produce (a partir de la fotosíntesis) y a la vez se consume oxígeno (dependiendo de la respiración, descomposición de sustancias orgánicas y otras reacciones químicas). La concentración total de oxígeno disuelto ([OD]) dependerá del balance entre todos estos fenómenos.

Cabe mencionar que la aplicación de la metodología de este indicador fue desarrollada por la técnica del ANP Valeria Guadalupe Figueroa Villalobos.

Indicador descriptivo de cantidad de agua: *Flotador*: método utilizado para cuantificar el caudal como dato de un indicador descriptivo que solicita la hoja de campo de la metodología.

Posterior a la identificación de métodos para desarrollar la evaluación, se desarrollaron los protocolos de obtención de datos en campo en cada uno de los transectos de la zona

alta, media y baja de la cuenca, así como la valorización, agregación e identificación de estados ecológicos de los atributos del ecosistema fluvial de la microcuenca El Tablón.

## RESULTADOS

### 1. Ejemplos de recolección de datos y evaluación del ecosistema fluvial

A manera de ejemplo, en los siguientes acápite se mostrará cómo fue evaluado uno de los transectos, los datos recuperados en la hoja de campo y la matriz de evaluación donde se identifica la forma de agregación en las diversas escalas del ecosistema fluvial, con el fin de conocer la base de datos tanto de la información recolectada en campo como de las matrices con los valores de evaluación del estado ecológico.

Ejemplo de llenado de hoja de campo del Transecto ZM3 en la evaluación de los atributos de calidad y cantidad de agua del ecosistema fluvial de la microcuenca El Tablón, Área Protegida La Sepultura, Chiapas, México.

Descripción General del Tramo					
ZONA	ALTA	TRAMO:	3	CÓDIGO:	ZM3
Coordenadas:	16°16'13.7"	93°38'22.3"	16°16'18.5"	93°38'16.8"	
msnm:	854		843		pen: 4.4 %
Localidad:	Los Ángeles		Nombre del río: El tablón		
Consultas:	Fernando (CONANP, 38 años), Lizmabi Gutierrez (Comerciante 24 años)				
Tipo de corriente: A , Valle: semiconfinado V					
Uso	Zona			Descripción	Presencia (I)(M)(E)(O)(N)
	Río	Ribera	Ladera		
Agrícola		X	X	Frutales, plátano y cacao	Der (M) Izq (I)
Poblados		X	X	Comunidad de los ángeles	Izq (M) Der €
Ganadería		X		Paso de ganado y establos	E
Recreación	X			Balneario en pozas	E
Pasturas		X	X	Establos y ganado	E
Vías de comunicación		X		Terracería, camino paso por el río y ribera	O
Conservación / Restauración				Huertos	E
Cultural					N
Forestal					N
Industrial					N
Acuícola	X			Pescan charales	O
Extracción pétreo		X		Arena y grava para construcc	E
Extracción agua	X			Bebederos ganado	E
Recolección fauna					N
Recolección flora					N
Establos		X	X	Caballos, ganado, patos	E
Impacto	Descripción	Zona			Presencia (I)(M)(E)(O)(N)
		Río	Ribera	Ladera	
Basura inorgánica	Plástico, escombros, botes, unice		X		E
Basura orgánica	Estiercol, alimento		X		E
Vertimiento	Aguas grises	X	X		M
Construcción					N
Canalización					N
Incendios	Quemar basura y desmontar		X	X	M
Tala	Establos, Roza tumba y quema		X	X	N
Compactación de suelo	Pasos de ganado		X		E
Pérdida de suelo			X		O
Dragado					N
Otros					

CAUCE			
Atributo	<b>1. Morfología en plano y transversal</b>	<b>Datos de campo</b>	
Descriptores	Identificar tipo de Valle (confinado U o V, semiconfinado _/\_ o abierto).	Semiconfinando forma V	
	Identificar tipo de cauce según Rosgen 1996	B	
	Describir vista en plano (sinuoso, recto, trenzado) y transversal (angosto <3m, ancho >3m)*.	Ancho >3m poco sinuoso.	
Indicadores de desempeño	1. Estimar cambios (Se, Si, No, Li, Nu) en las características naturales de la morfología en plano y transversal con base al estado de referencia (ver en el formato de evaluación)	Cambio en vista plano ( Nu ) Cambio en vista transversal ancho del cauce ( Nu )	
	2. Identificar presencia (A, M, E, O, N) y tipo impactos antrópicos (desvíos de cauces, rellenos de cauce, defensas en los márgenes, escombros, canalización, dragado, otros (especificar en observaciones)	Nula	
		Valor indicador 1:	5
		Valor indicador 2:	5
		Valor del atributo:	Moda: 5 Precaución: 5
Atributo	<b>2. Bancos de sedimentos en el cauce</b>	<b>Descripción</b>	
Descriptores	Identificar Tipos de bancos (isletas ovaladas o franjas).	Isletas y franjas	
	Observar Ubicación (mitad del cauce, lateral izquierdo, derecho o ambos).	mitad del cauce y laterales	
Indicadores de desempeño	Identificar Composición de los bancos (grava, arena, finos sedimentos, arena, canto rodado y grava)	30%: Escasa	
	3. Estimar presencia de bancos de sedimentos (A, M, E, O, N)	60%: Moderada	
	4. Estimar presencia de vegetación en los bancos (A, M, E, O, N)	Estracción de materiales <10% ocasional	
	5. Identificar presencia (A, M, E, O, N) y tipo impactos antrópicos (extracción de materiales, escombros, basura, construcciones, otros)		
		Valor indicador 3:	3
		Valor indicador 4:	4
		Valor indicador 5:	4
		Valor del atributo:	Moda: 4 Precaución: 3
Atributo	<b>3. Conectividad longitudinal, transversal y vertical del cauce</b>	<b>Descripción</b>	
Indicadores de desempeño	6. Identificar tipo de barreras longitudinales (puentes, vados, diques, embalses, presas, derivados, otros especificar).	Sin barreras	
	6. Identificar tipo de barreras en transversal y vertical (revestimientos de concreto, escombros, construcciones, puentes, diques, otros).	Sin barreras	
	7. Estimar Presencia de barreras longitudinales, transversales y verticales en el cauce (A, M, E, O, N, R, Aa)	Nula	
		Valor indicador 6:	5
		Valor indicador 7:	5
		Valor del atributo:	Moda: 5 Precaución: 5
Atributo	<b>4. Estructura y composición del sustrato en el cauce</b>	<b>Descripción</b>	
Descriptores	Observar tipo de materia orgánica (trozos o troncos de madera, detritus,	Troncos y ramas	
	Identificar tipos de impactos antrópicos (dragado, extracción, canalización, barreras, rellenos, revestimiento, basura, escombros, otros).	basura, escombros y extracción petrea	
Indicadores de desempeño	8. Identificar la composición del sustrato en el lecho (roca madre, bloques, cantos rodados, guijarros, grava, arena o limo, concreto).	bloques, cantos rodados, guijarros, arena y roca madre	
	9. Estimar Presencia de impactos antrópicos (A, M, E, O, N, R, Aa)	15% Escasa	
	10. Estimar Presencia materia orgánica, troncos y hojarasca (A, M, E, O, N)	>10 % Ocasional	
		Valor indicador 8:	5
		Valor indicador 9:	4
		Valor indicador 10:	5
		Valor del atributo:	Moda: 4 Precaución: 4
Atributo	<b>5. Estabilidad de las orillas en el cauce</b>	<b>Margen izquierdo</b>	<b>Margen derecho</b>
Descriptores	Medir y estimar altura promedio de orilla del cauce (m)	60 cm	25 cm
	Identificar tipo de vegetación en las orillas (herbáceas, pastos, arbustos, árboles, cultivos, ninguno).	herbáceas, pastos y arbustos	herbáceas, pastos y arbustos
	Identificar tipo de impactos en las orillas (dragado, rectificación, incendios, escombros, construcción, establo, cultivo, huellas de ganado o carro)	pisadas de ganado y paso de vehículos	pisadas de ganado y paso de vehículos
Indicadores de desempeño	11. Estimar presencia vegetación y materia orgánica en orillas (A, M, E, O, N).	< 80% Abundante	< 85% Abundante
	12. Estimar afectación de erosión o compactación de las orillas (Se, Si, No, Li, Natural)	Nula	<10% Ocasional
	13. Presencia de los impactos antrópicos (A, M, E, O, N, R, Aa)	<10% Ocasional	20% Escasa
		Valor indicador 11:	5
		Valor indicador 12:	4
		Valor indicador 13:	4
		Valor del atributo:	Moda: 4 Precaución: 4

CORRIENTE		
Atributo	<b>6. Configuración de la corriente</b>	<b>Descripción</b>
Descriptores	Cuantificar <b>Número de cascadas</b>	Ninguna
	Corriente <b>dominante</b>	Remansos
Indicadores de desempeño	14. Observar <b>configuración de corriente</b> (cascada, remansos, rápidos, pozas, pasos de corriente, manantiales).	pozas-remansos-pasos de corriente-rápidos
	15. Observar <b>tipos de impactos</b> (dragados, extracción materiales, construcción perpendicular a la corriente).	extracción de material
	16. Estimar <b>presencia de impactos</b> (A, M, E, O, N, R, Aa).	<10% Ocasional
		<b>Valor indicador 14:</b> 4
		<b>Valor indicador 15:</b> 5
		<b>Valor indicador 16:</b> 5
		<b>Valor del atributo:</b> <b>Moda: 4      Precaución: 4</b>
Atributo	<b>7. Calidad de agua</b>	<b>Descripción</b>
Indicadores de desempeño	17. <b>Observar color del agua:</b> clara (los objetos de fondo son visibles), moderadamente turbia, muy turbia, color inusual (blanco, amarillo, café, gris, otros). <b>Consultar si persisten</b> cambios del color natural.	Color claro, los objetos del lecho son visibles. Sin cambios.
	18. <b>Identificar</b> olor del agua inholora, azufre, residuales, gasolina, podredumbre, otros). <b>Consultar</b> sobre cambios al olor natural.	Olor a podredumbre cercano a los vertimientos de aguas grises. Cambios en el aumento o ausencia según el tipo de vertimientos (carnicerías o aguas grises)
	19. <b>Estimar abundancia</b> de vertimientos (A, M, E, O, N), ubicación (puntual o difusa) y procedencia.	Escasa (35%), puntual arroyos de aguas grises, procede de la comunidad Los Ángeles
	20. <b>Estimar abundancia y tipo</b> de basura en la corriente (A, M, E, O, N).	<10% Ocasional
	21. <b>Medir</b> contaminación, <b>por bioindicadores.</b> Sensibilidad de macroinvertebrados (BMW-P-Mx).	14 familias identificadas. Valor 61 con caldiad regular, ligeramente contaminada
	22. <b>Medir parámetros fisicoquímicos.</b> Por medio del KIT GLOBALWATER. Parámetros medidos: pH, Dureza Total, Alcalinidad Total, Oxígeno Disuelto, Turbidez, Temperatura.	pH 8. DT: 30 mg/l. AT 55mg/l. OD: 6mg/l. Turbidez: 5JTU. Temp. 21°
		<b>Valor indicador 17:</b> 4
		<b>Valor indicador 18:</b> 4
		<b>Valor indicador 19:</b> 3
		<b>Valor indicador 20:</b> 4
		<b>Valor indicador 21:</b> 2
		<b>Valor indicador 22:</b> 4
		<b>Valor indicador 23:</b> 5
		<b>Valor indicador 24:</b> 3
		<b>Valor del atributo:</b> <b>Moda: 4      Precaución: 2</b>
Atributo	<b>8. Eutroficación (enriquecimiento de nutrientes)</b>	<b>Descripción</b>
Descriptivos	<b>Observar</b> ubicación (remansos, pozas, rápidos, márgenes, rocas, fijas al lecho o flotante)	Márgenes   Estanques   rocas en pasos de corriente
	<b>Identificar / Consultar nombre</b> de planta acuática (científico y/o común), y su utilidad	Marathrum schiedeanum   Azolla sp. 6   Musgo
Indicadores de desempeño	24. <b>Identificar</b> presencia de algas (A, M, E, O, N) en la corriente	<10% Ocasional
	25. <b>Estimar</b> presencia de plantas acuáticas nativas, exóticas, invasoras % (<5, 5-50, >50).	Sin información
	26. <b>Observar</b> Tipo y presencia de vertimientos (A, M, E, O, N)	Aguas grises   Escasa (35%)
	27. <b>Observar</b> Tipo y presencia desechos orgánicos sólidos (A, M, E, O, N)	Estiercol y hojarasca de huertos   <10% Ocasional
		<b>Valor indicador 25:</b> 5
		<b>Valor indicador 26:</b> 5
		<b>Valor indicador 27:</b> 5
		<b>Valor indicador 28:</b> 4
		<b>Valor del atributo:</b> <b>Moda: 4      Precaución: 4</b>
Atributo	<b>9. Cantidad de agua</b>	<b>Descripción</b>
Descriptivos	<b>Consultar o Investigar</b> si es Intermitente // Perenne	Perenne
	<b>Estimar</b> profundidad y ancho promedio de lámina de agua	30 cm. Profundidad   10 m lámina de agua
Descriptivo   Opcional	<b>Medir y Calcular CAUDAL</b> (Q=V/T)* (método del flotador)	14.684 m3 / seg
Indicadores de desempeño	29. <b>Consulta de cambios</b> en la cantidad de agua conocida y <b>observación de la lámina de agua:</b> en contacto con ambos márgenes, solo uno, sin contacto con los márgenes, sin lámina de agua.	No ha tenido cambios, la lámina de agua tiene contacto con ambos márgenes del cauce
	30. <b>Tipo de impactos</b> antrópicos (tomadas de agua: tuberías, presa, embalse, bebedero   derivados, vertimientos)	Bebederos, mangueras y vertimientos
	31. <b>Estimar</b> presencia de impactos antrópicos que afectan la cantidad	<10% Ocasional
		<b>Valor indicador 29:</b> 5
		<b>Valor indicador 30:</b> 4
		<b>Valor indicador 31:</b> 4
		<b>Valor del atributo:</b> <b>Moda: 4      Precaución: 4</b>

Atributo	10. Régimen de inundaciones	Descripción	
Descriptivo	Estimar la altura promedio de la inundación por medio de <b>consulta u observación</b> de marcas en construcciones, vegetación acostada o ramas.	Consulta: altura 2m por crecida y de 10 m de ancho (consulta y marcas en las construcciones)	
	Consulta de época de inundación (solo en época de lluvia, cualquier momento, no ocurren) y última fecha de inundación	época de lluvia   2005 Huracán Stan	
Indicadores de desempeño	32. Consultar frecuencia de inundación en la zona (cada 2 o 5 años, >1 vez cada 10 años, >1 vez cada 25 años, sin inundaciones)	>1 vez cada 10 años	
	33. Identificar presencia y tipo de impactos antrópicos que regulan las inundaciones (presas, diques, embalses, derivadoras, canalizaciones)	Sin presencia de impactos antrópicos	
		Valor indicador 32:	4
		Valor indicador 33:	5
		Valor del atributo:	Moda: 4 Precaución: 4

RIBERA			
Atributo	XI. Llanura de inundación y sustrato de la ribera (estructura y funcionalidad)	Margen Izquierdo	Margen Derecho
Descriptor	Estimar Dimensión promedio de la llanura de inundación (m)	20 m	>30m
Indicadores de desempeño	34. Observar tipos y presencia de restricciones de conectividad de la ribera a la corriente (diques, elevaciones, construcciones, puentes, muros de contención,	Sin restricciones	Sin restricciones
	35. Medir / Estimar distancia entre restricciones y orilla del cauce	Sin restricciones	Sin restricciones
	36. Estimar presencia de profundización de cauces	Sin profundización	Sin profundización
		Valor indicador 34:	5
		Valor indicador 35:	5
		Valor indicador 36:	5
		Valor del atributo:	Moda: 5 Precaución: 5
			Moda: 5 Precaución: 5
Atributo	XII. Llanura de inundación y sustrato de la ribera (estructura y funcionalidad)	Margen Izquierdo	Margen Derecho
Descriptor	Identificar composición del sustrato de la ribera (roca, bloques, grava, arena, arcilla,	suelo, arena, grava y bloques	suelo, arena, grava y bloques
Indicadores de desempeño	37. Estimar presencia de impacto antrópico por remoción de sustrato en la ribera	Nula	<10% Ocasional
	38. Estimar presencia de impactos antrópicos por desechos (basura, escombros, otros)	Nula	<10% Ocasional
	39. Estimar presencia de impacto antrópico por compactación o revestimiento	<10% Ocasional	15% Escasa
		Valor indicador 37:	5
		Valor indicador 38:	5
		Valor indicador 39:	4
		Valor del atributo:	Moda:4 Precaución: 4
			Moda: 4 Precaución: 3
Atributo	XIII. Continuidad transversal de vegetación ribereña	Margen Izquierdo	Margen Derecho
Descriptivos	Identificar Confinamiento del margen (confinado, no confinado).	No confinado	Confinado
	Medir y Calcular Ancho promedio del cauce (m)	10 m	
Indicadores de desempeño	40. Medir Ancho máx/mín con vegetación ribereña (m)	30 m / 1 m	18 m / 1 m
	40. Calcular Ancho promedio del corredor ripario (m)	15 m	9 m
	40. Estimar distancia promedio entre orilla del cauce y la ladera (m)	50 m	10 m
	41. Identificar impactos en la vegetación ribereña (ej. Pérdida de cobertura, incendios, plagas, extracción, agroquímicos).	tala, incendios , agroquímicos	área urbana, tala, incendios, caminos
	41. Estimar presencia de restricciones antrópicas en la ribera (A, M, E, O, N).	35% Escasa	60 % Moderada
		Valor indicador 40:	2
		Valor indicador 41:	3
		Valor del atributo:	Moda:2 Precaución: 2
			Moda: 2 Precaución: 2
Atributo	XVI. Continuidad longitudinal y cubierta de la ribera	Margen Izquierdo	Margen Derecho
Indicadores de desempeño	42. Identificar tipo de cubierta: Bosque continuo (BC) / Parches de vegetación (PV) / Árboles y arbustos aislados (IT, IS)/ Pastizales (P)/ Sin Cubierta (SC)	PV	PV
	42. Estimar % de cubierta del dosel (>5 m)	60%	40%
	42. Estimar % de cubierta de veg. arbustiva (1-5 m)	70%	60%
	42. Estimar % de cubierta de herbáceas (<1m altura)	80%	80%
	43. Observar Si esta fragmentado, longitud promedio de parches en la vegetación	40 m	60m
	43. Observar Si esta fragmentado, distancia promedio entre los parches	>100 m	90 m
	44. Identificar tipo y presencia de impacto antrópico de fragmentación (agricultura, ganadería, urbano, caminos, otros).	potreros y ganado 50% Moderado	huertos, caminos, establos y casas   60 % Moderado
		Valor indicador 42:	3
		Valor indicador 43:	3
		Valor indicador 44:	2
		Valor del atributo:	Moda: 3 Precaución: 2
			Moda: 3 Precaución: 2
	100% = 3 veces el tamaño del cauce ó >60m - 250m longitud		

C	Atributo	XV. Composición y Estructura de la vegetación ribereña	Margen Izquierdo	Margen Derecho
I	Descriptor	Observar Asociaciones predominantes de la vegetación	Enterolobium - Inga - Ficus - Taxodium	Enterolobium - Inga - Guazuma
	Indicadores de desempeño	45. Identificar especies <b>arbóreas</b> y clase de abundancia de especies <b>nativas</b>	Anexo #   60% Moderada	Anexo #   60% Moderada
		45. Identificar especies <b>arbustivas</b> y clase de abundancia de especies <b>nativas</b>	Anexo #   80% Moderada	Anexo #   70% Moderada
		45. Identificar especies <b>herbáceas</b> y clase de abundancia de especies <b>nativas</b>	Anexo #   60% Moderada	Anexo #   40% Moderada
		45. Estimar clase de abundancia de especies de <b>lianas y epífitas</b>	<10% Ocasional	<10% Ocasional
		45. Estimar clase de abundancia de <b>especies exóticas</b> : nombre común/científico	Anexo #   40%	Anexo #   60%
		46. Observar / Consultar salud de las <b>especies arbóreas</b> nativas (Buena, regular o mala) por daños, enfermedades o marchitez.	Buena	Buena
		47. Estimar clase de <b>abundancia</b> de cubierta de <b>especies invasoras</b> como cañas,	20% Escasa	30% Escasa
		48. Estimar clase de <b>abundancia</b> de cubierta por <b>especies ruderales o vegetación</b>	40% Moderada	50% Moderada
		Valor indicador 45:	4	2
		Valor indicador 46:	4	4
		Valor indicador 47:	3	3
		Valor indicador 48:	3	3
		Valor del atributo:	Moda: 3    Precaución: 3	Moda: 3    Precaución: 2
		Clase de Abundancia: Dominante, Abundante, Moderada, Escasa, Ocasional, Nula.		
C	Atributo	XVI. Diversidad de edades y Regeneración Natural en vegetación ribereña	Margen Izquierdo	Margen Derecho
I	Indicadores de desempeño	49. Estimar <b>tipo de edades</b> plantulas (>.5m de altura), jóvenes (0.5 - 1m de altura), adultos (aprox. 1 - 5 m altura), maduros (>5m), muertos.	plantulas, juvenes, adultos y maduros	plantulas, juvenes, adultos y maduros
		50. Estimar <b>presencia de regeneración (A, M, E, O, N)</b> por plantulas (<1año, <0.5m altura) y jóvenes (0.5 - 1m de altura) y <b>ubicación (orilla, ribera, ladera, bancos sedimentos)</b>	Moderada 40%   ubicación orilla, bancos y ribera	Escasa 20%   ubicación orilla, bancos y ribera
		51. Identificar   Consultar <b>tipos y presencia de impactos antrópicos en la regeneración</b> (inundaciones, pastizal inducido, herbicidas, compactación,	tala, incendio y ganado   escasa 20%	tala, incendios, caminos   escasa 25 %
			Valor indicador 49:	
		Valor indicador 50:		
		Valor indicador 51:		
		Valor del atributo:	Moda:    Precaución:	Moda:    Precaución:

2. Ejemplo de llenado de matriz de evaluación con los datos del transecto ZM3 en la evaluación de los atributos de calidad y cantidad de agua del ecosistema fluvial de la microcuenca El Tablón, Área Protegida La Sepultura, Chiapas, México

Principios	Atributos e Indicadores de desempeño	ZM3									
		INDICADOR		ATRIBUTO		PRINCIPIO		TRANSECTO			
CAUCE	<b>I. Morfología en plano y transversal</b>	Escala		M	P	4	3	M	P		
	1. Cambios en características morfológicas naturales	5	5	5	3					2	
	2. Tipo y presencia de impactos antrópicos	5									
	<b>II. Bancos de sedimentos en el cauce</b>	Escala		M	P						
	3. Presencia de bancos de sedimentos	3									
	4. Presencia de vegetación en los bancos	4	4	3							
	5. Tipo y presencia de impactos antrópicos	4									
	<b>III. Conectividad longitudinal, transversal y vertical</b>	Escala		M	P						
	6. Tipo de barreras en la superficie del cauce	5	5	5							
	7. Presencia de barreras en la superficie del cauce	5									
	<b>IV. Lecho del cauce (estructura y composición)</b>	Escala		M	P						
	8. Composición de sustrato en el lecho	5	4	3							
	9. Presencia de materia orgánica, troncos y hojarasca	3									
10. Presencia de impactos antrópicos en el lecho	4										
<b>V. Estabilidad de las orillas</b>	Izq	Der	M	P							
11. Presencia de vegetación y materia orgánica	5	4									
12. Estado de erosión y compactación	5	4	4	4							
13. Presencia de impactos antrópicos que afecta orilla	5	4									

		INDICADOR	ATRIBUTO		PRINCIPIO			
CORRIENTE	<b>VI. Diversidad y configuración de la corriente</b>	Escala	M	P	M	P		
	14. Configuración de corriente	4	4	4	4	2		
	15. Tipos de impactos que afectan la configuración	5						
	16. Presencia de impactos que afectan la configuración	5						
	<b>VII. Calidad de agua</b>	Escala	M	P				
	17. Color del agua y cambios de su estado natural	4	4	2				
	18. Olor del agua y cambios de su estado natural	4						
	19. Abundancia y tipo de vertimientos en la corriente	3						
	20. Abundancia y tipo de basura en la corriente	4						
	21. Bioindicadores de contaminación   Macroinvertebrado	2						
	22. Físico-químicos   Alcalinidad	4						
	23. Físico-químico   Dureza	5						
	24. Físico-químico   Oxígeno Disuelto	3						
	<b>VIII. Eutrofización (enriquecimiento de nutrientes)</b>	Escala	M	P				
	25. Presencia de algas en la corriente	5	4	3				
	26. Presencia de plantas acuáticas nativas vs exóticas	5						
	27. Tipo y presencia de vertimientos en la corriente	3						
	28. Tipo y presencia de desechos sólidos	4						
	<b>IX. Cantidad de agua</b>	Escala	M	P				
	29. Cambios y presencia de lámina de agua en el cauce	5	4	4				
	30. Tipos de impactos antrópicos que afectan la cantidad	4						
	31. Presencia de impactos antrópicos	4						
	<b>X. Régimen de inundaciones</b>	Escala	M	P				
	32. Frecuencia de inundaciones en la zona del transecto	4	4	4				
	33. Tipos y presencia de impactos antrópicos	5						
			INDICADOR	ATRIBUTO		PRINCIPIO		
	RIBERA	<b>XI. Llanura de inundación (conectividad transversal)</b>	Izq	Der	M	P	M	P
		34. Tipos y presencia de restricciones de la conectividad	5	5	5	5	3	2
		35. Distancia de las restricciones	5	5				
		36. Profundización del cauce y elevación de las orillas	5	5				
		<b>XII. Sustrato de la ribera (estructura y composición)</b>	Izq	Der	M	P		
		37. Presencia de impacto por remoción de sustrato de ribera	5	4	4	3		
		38. Presencia de impacto por desechos	5	4				
39. Presencia de impacto por compactación o revestimiento		4	3					
<b>XIII. Continuidad transversal de vegetación ribereña</b>		Izq	Der	M	P			
40. Ancho promedio de la vegetación ribereña		2	2	2	2			
41. Tipos y presencia de impactos antrópicos		3	2					
<b>XIV. Continuidad longitudinal y cubierta de la ribera</b>		Izq	Der					M
42. Tipo y porcentaje de cubierta de vegetación ribereña		3	3	3	2			
43. Fragmentación de vegetación del corredor ribereño		3	3					
44. Tipos y presencia de impactos que propician fragmentación		2	2					
<b>XV. Composición y estructura de la vegetación ribereña</b>		Izq	Der	M	P			
45. Composición de especies nativas vs exóticas		4	2	3	2			
46. Salud de la población arbórea nativa		4	4					
47. Abundancia de especies invasoras		3	3					
48. Abundancia de vegetación secundaria o ruderal		3	3					
<b>XVI. Diversidad de edades y regeneración natural en vegetación ribereña</b>		Izq	Der	M	P			
49. Composición y presencia de edades en vegetación ribereña	4	4	4	3				
50. Presencia de regeneración y ubicación en vegetación ribereña	4	3						
51. Presencia y tipos de impactos que afectan regeneración	3	3						

### 3. Evaluación del ecosistema fluvial por transectos

En la presente sección se exponen los resultados de la evaluación de cada uno de los transectos evaluados del ecosistema fluvial. En total se recolectó información de 51 indicadores de desempeño que permitió evaluar 16 atributos (Figura 10). Además, se presentan los perfiles longitudinales y gráficas de evaluación.

	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	RIBERA
XI	Llanura de inundación y sustrato de la ribera (estructura y funcionalidad)	
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	

Figura 10. Descripción de atributos por cada componente principal del ecosistema fluvial en la microcuenca El Tablón, ANP La Sepultura, Chiapas, México

#### Transecto ZAR: Zona alta de referencia



Figura 11. Transecto de referencia en la microcuenca El Tablón, ANP La Sepultura, Chiapas, México  
Fotografía: Valeria Figueroa-Villalobos

Transecto de referencia ubicado en la zona más alta del cauce principal, sin acumulación de impactos antrópicos de partes más altas ya que se encuentra protegido por el 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 de 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, donde se prohíbe la tala o uso distinto a la conservación ya que esta zona contribuye a la captación de agua en las tomas de agua metros abajo del cauce (Figura 11).

Según la Figura 12, todos los atributos del cauce se encuentran en excelente estado, a diferencia del de corriente, donde en el atributo de calidad de agua se 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 XIII, XIV y XV de la ribera se encuentran en Buen estado. Según el perfil transversal del transecto (Figura 13) se denota un transecto sin impactos significativos.

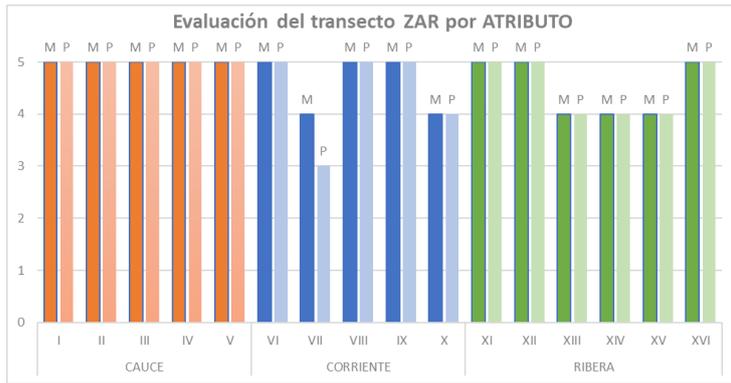


Figura 12. Evaluación del transecto ZAR por atributo en la microcuenca El Tablón, Área Protegida La Sepultura, Chiapas, México  
5= Excelente, 4=Bueno, 3= Aceptable, 2=Regular, 1=Malo. M=agregación

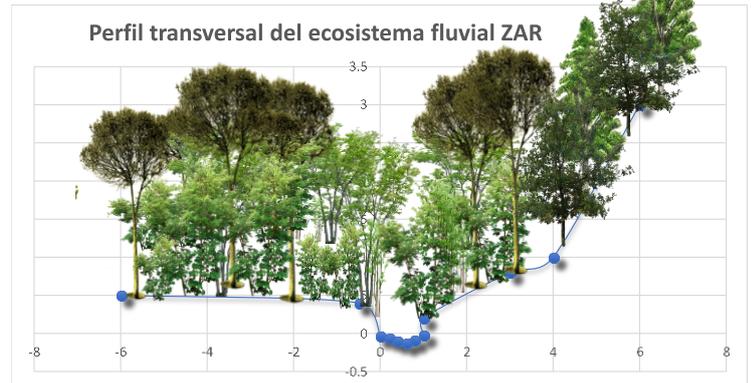


Figura 13. Perfil transversal de ZAR en la microcuenca El Tablón, Área Protegida La Sepultura, Chiapas, México

### Transecto ZA1: Zona Alta 1



Figura 14. Transecto ZA1, microcuenca El Tablón, Área Protegida La Sepultura, Chiapas, México Fotografía Enya Enriquez-Brambila

El nombre del río en esta zona es La Ventana. El cauce es tipo A, estrecho y de relieve montañoso. Los usos principales son la agricultura y ganadería.

Los principales impactos son los incendios y la tala para abrir espacios para la agricultura y ganadería; compactación del suelo en las orillas del cauce por el paso del ganado; pérdida de suelo por exposición y falta de cobertura. Metros arriba del transecto se ubican dos tomas de agua para abastecer la comunidad Tierra y Libertad

(ver perfil transversal, Figura 16). Según la Figura 15 el estado general del cauce se encuentra en buen estado, excepto por los atributos de banco de sedimentos (II) y orillas (III). Según el principio de precaución existe un elemento que está siendo dañado. En el caso de la corriente, de manera general, el estado ecológico según la moda es “Bueno”; sin embargo, el principio de precaución nos indica que la calidad (VII) y cantidad (IX) tienen un indicador que está siendo dañado y afectado. En la ribera se identifica un estado general según la moda “Bueno”; sin embargo, según los datos de principio de precaución un elemento está siendo afectado fuertemente (ver Anexo 2 para mayor detalle).

Esta variación entre moda y precaución nos denota que a pesar de que el estado general se encuentra en un Buen estado ecológico, uno de los elementos se encuentra fuertemente afectado, y como se puede visualizar en el perfil transversal (Figura 16), la orilla izquierda se encuentra impactada por usos agrícolas y ganaderos lo que hacen el factor de cambio de la estructura y funcionamiento del ecosistema fluvial.

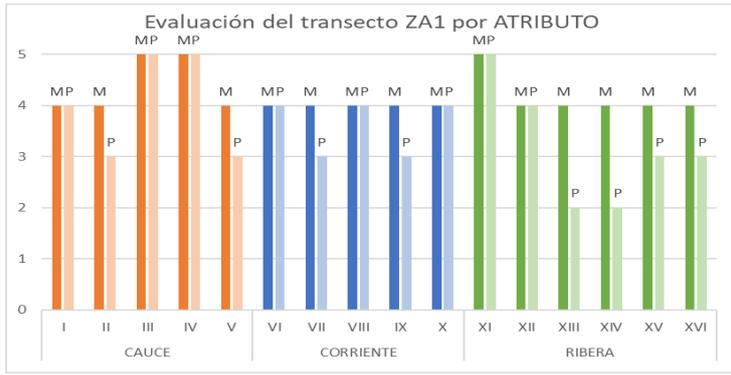


Figura 15. Evaluación del transecto ZA1 por atributo en la microcuenca El Tablón, Área Protegida La Sepultura, Chiapas, México  
5= Excelente, 4=Bueno, 3= Aceptable, 2=Regular, 1=Malo. M=agregación por moda y P= agregación por principio de precaución.

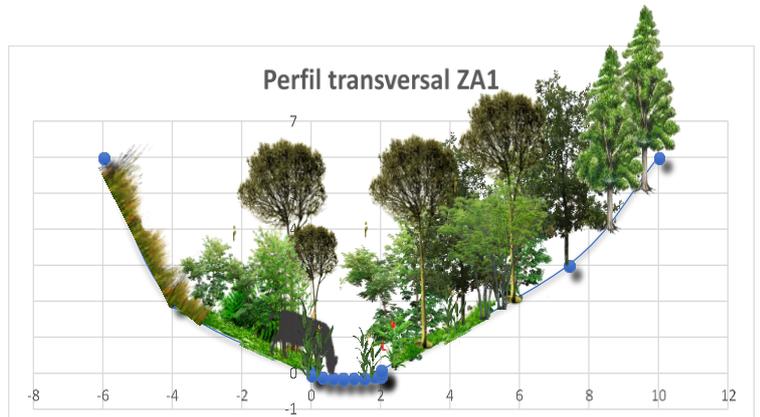


Figura 16. Perfil transversal de ZA1 en la microcuenca El Tablón, Área Protegida La Sepultura, Chiapas, México

### Transecto ZA2: zona alta 2



Figura 17. Transecto ZA2 en la microcuenca El Tablón, ANP La Sepultura, Chiapas, México

Transecto ubicado en la zona alta del cauce principal cercano a la comunidad Tierra y Libertad. Se encuentra entre 1168 y 1156 msnm. Cauce tipo A estrecho y ubicado en relieve montañoso con valle semiconfinado. Al río en esta zona le llaman La Cruz (Figura 17).

Los usos son actividades agrícolas, ganadera y urbana. Los principales impactos identificados es la presencia de basura, vertimiento de aguas grises provenientes de la comunidad Tierra y Libertad; incendios y tala para abrir espacios; extracción pétreo para construcción.

Según la Figura 18, la evaluación de los atributos del lecho (IV) y la estabilidad de las orillas (V) se encuentran afectados (estado Aceptable). El estado general de la corriente es Buena a excepción del atributo de calidad de agua (VII) donde el indicador de macroinvertebrados identifica una calidad regular. La ribera es la que se encuentra más afectada y se reportan estados ecológicos menores entre Aceptable y Regular, debido mayormente a la pérdida de cobertura de la vegetación ribereña por los diversos usos presentes, tal como se observa en el perfil transversal (Figura 19).

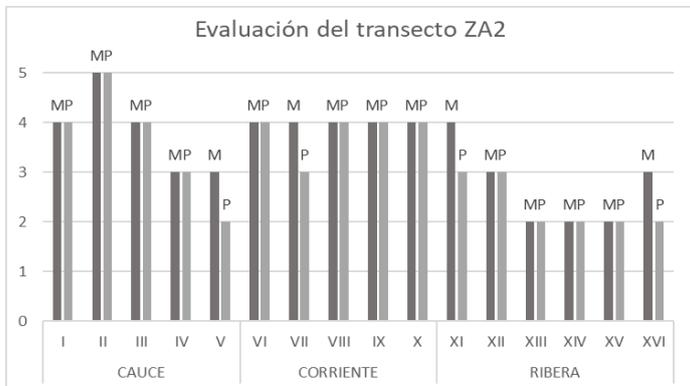


Figura 18. Evaluación del transecto ZA2 por atributo en la microcuenca El Tablón, Área Protegida La Sepultura, Chiapas, México  
5= Excelente, 4=Bueno, 3= Aceptable, 2=Regular, 1=Malo. M=agregación por moda y P= agregación por principio de precaución.

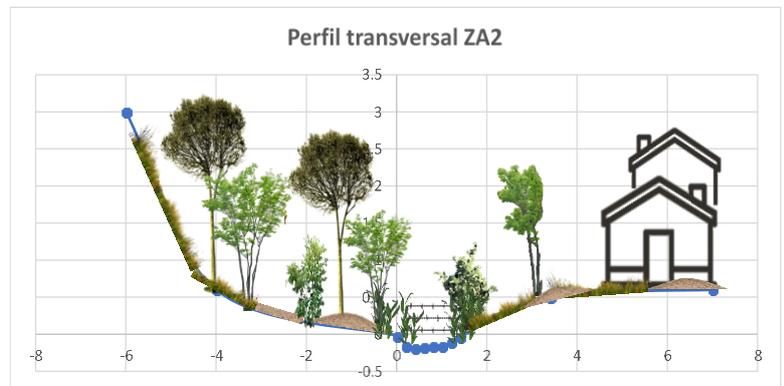


Figura 19. Perfil transversal de ZA2 en la microcuenca El Tablón, Área Protegida La Sepultura, Chiapas, México

### Transecto ZA3: zona alta 3



Figura 20. Transecto ZA3 en la microcuenca El Tablón, ANP La Sepultura, Chiapas, México.

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 20).

Según la Figura 21, en el cauce los atributos con mayor afectación son la conectividad (III) el lecho debido a la ausencia de materia orgánica; (V) estabilidad de las orillas por la ausencia de vegetación y suelo expuesto a erosión. 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 en general está en buen estado, solo que el indicador de acercamiento de restricciones denota que las construcciones que pueden ocasionar barrera en la dinámica de inundación están muy cercanas; en cuanto a los atributos (XIII, XIV, XV, XVI), que representan la estructura y composición del cauce, están severamente afectados por el cambio de uso de suelo e impactos como la tala, deforestación y establos cercanos (Figura 22).

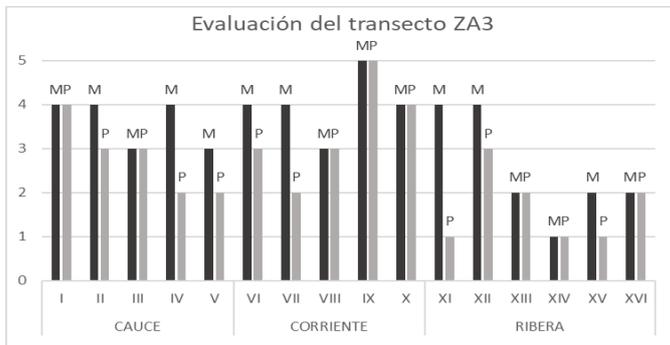


Figura 21. Evaluación del transecto ZA3 por atributo en la microcuenca El Tablón, Área Protegida La Sepultura, Chiapas, México  
5= Excelente, 4=Buena, 3= Aceptable, 2=Regular, 1=Malo. M=agregación por moda y P= agregación por principio de precaución.

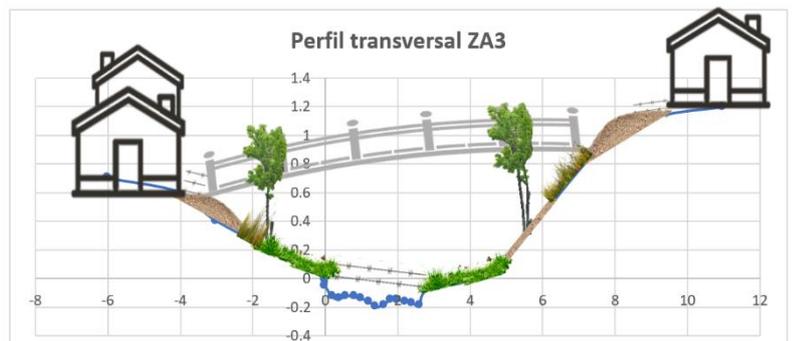


Figura 22. Perfil transversal de ZA3 en la microcuenca El Tablón, Área Protegida La Sepultura, Chiapas, México

### Transecto ZM1: zona media 1



Se ubica entre los 1034 y 1027 msnm. Cauce tipo G según Rosgen (1996), con mayor anchura y sinuosidad que en los de la zona alta: en esta corriente desembocan diversos flujos de la zona alta. Valle abierto con unos metros de confinamiento al inicio del transecto (Figura 23).

Figura 23. Transecto ZM1 en la microcuenca El Tablón, Área Protegida La Sepultura, Chiapas, México  
Fotografía: Valeria Figueroa-Villalobos

Los  
usos

principales son agricultura y ganadería. Se identifican impactos de compactación y erosión de suelo por el paso de ganado y la exposición por pérdida de cobertura arbórea debido a tala, incendios y factores de cambios naturales como inundaciones provocadas por el huracán Stan, según informantes. Como se puede observar en la Figura 24, en el cauce el atributo más afectado es la estabilidad de las orillas (V), en la corriente a pesar de que el estado general indicado por la moda es bueno. Según el principio de precaución, algunos indicadores identifican afectaciones significativas como los tipos de corriente presente, calidad de agua con valores bajos reportados por los macroinvertebrados y eutrofización por abundancia de plantas acuáticas (Anexo 2). También se observa que la ribera tiene los atributos con mayor afectación encontrándose entre los estados más bajos (regular y malo); los valores representan la pérdida de cobertura de vegetación ribereña y exposición del sustrato a los impactos, tal como se muestra en el perfil transversal (Figura 25).

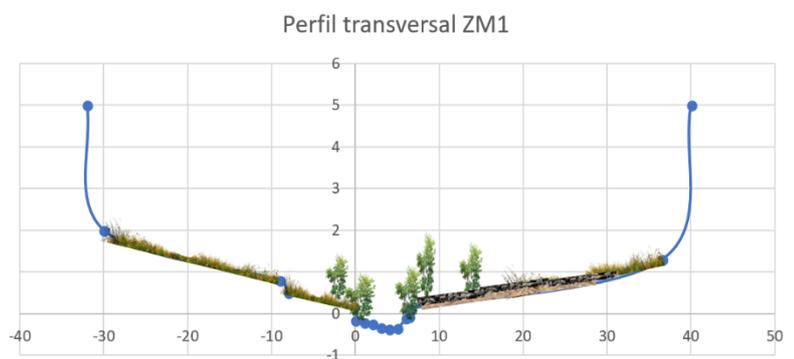
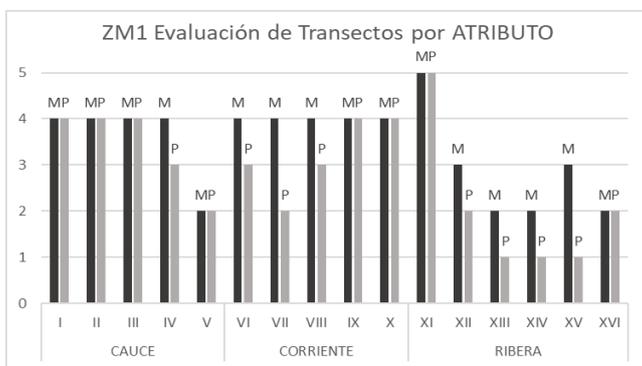


Figura 24. Evaluación del transecto ZM1 por atributo en la microcuenca El Tablón, ANP La Sepultura, Chiapas, México  
5= Excelente, 4=Bueno, 3= Aceptable, 2=Regular, 1=Malo. M=agregación por moda y P= agregación por principio de precaución

Figura 25. Perfil transversal del transecto ZM1 en la microcuenca El Tablón, Área Protegida La Sepultura, Chiapas, México

## Transecto ZM2: zona media 2



Figura 26. Transecto ZM2 en la microcuenca El Tablón, Área Protegida La Sepultura, Chiapas, México.  
Fotografía: Enya Enriquez-Brambila

El transecto se ubica entre 874 y 865 msnm. Se encuentra antes de la comunidad Los Ángeles, al río en esta parte le llaman El puente. El cauce es tipo B con valle semiconfinado. Los usos de esta zona son agrícola, ganadera y de recreación (Figura 26).

En la Figura 27 se observa que en el cauce los atributos más afectados son los bancos de sedimentos (II) donde según los datos hay mayor presencia de sedimentos que lo que debería de haber en esta zona; el lecho (IV) del cauce está siendo afectado por la ausencia de tipos de lecho y presencia de impactos; en cuanto a la estabilidad de las orillas (V) su mayor afectación es el paso de ganado y el de los visitantes. En la corriente se puede observar un estado general Bueno, el principio de precaución de calidad del agua (VII) identifica que según los macroinvertebrados está ligeramente contaminada. En la ribera es donde podemos observar que la mayoría de los atributos se encuentran afectados debido principalmente

al cambio de uso de suelo y pérdida de cobertura de la vegetación ribereña tal y como se muestra en el perfil transversal (Figura 28).

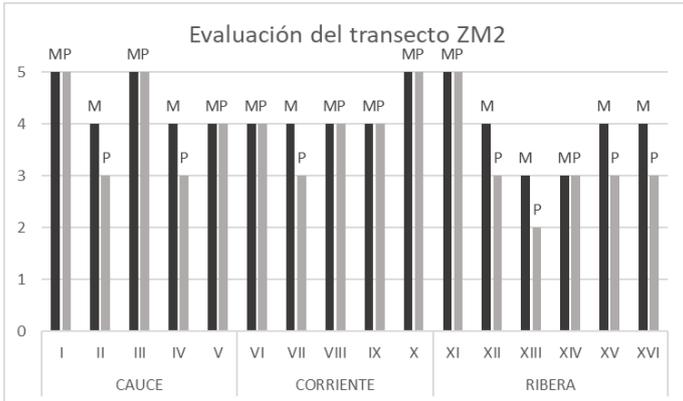


Figura 27. Evaluación del transecto ZM2 por atributo en la microcuenca El Tablón, Área Protegida La Sepultura, Chiapas, México 5= Excelente, 4=Bueno, 3= Aceptable, 2=Regular, 1=Malo. M=agregación por moda y P= agregación por principio de precaución.

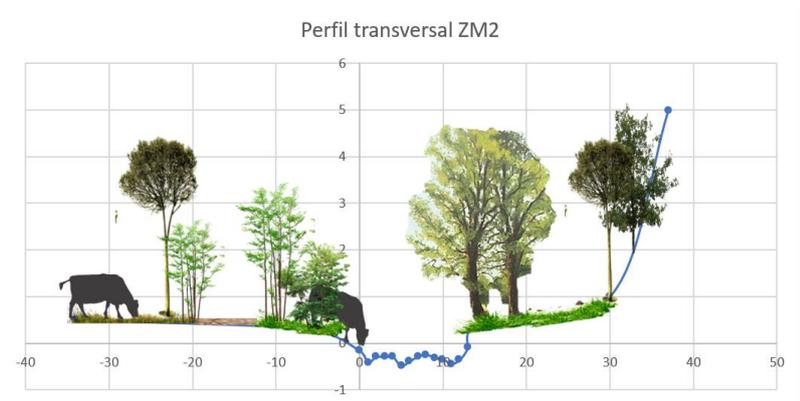


Figura 28. Perfil transversal del transecto ZM2 en la microcuenca El Tablón, Área Protegida La Sepultura, Chiapas, México

### Transecto ZM3: zona media 3



Figura 29. Transecto ZM3 en la microcuenca El Tablón, Área Protegida La Sepultura, Chiapas, México. Fotografía: Enya Figueroa-Villalobos

El transecto se ubica en la comunidad Los Ángeles, entre los 854 y 843 msnm. El cauce es tipo B y el valle semiconfinado. Los usos identificados son agrícola, ganadero y urbano por parte de la comunidad Los Ángeles (Figura 29).

En la Figura 30 se identifica que el cauce tiene los atributos de bancos de sedimentos (II) y lecho (IV) con menores valores según el principio de precaución.

En la corriente la calidad de agua (VII) y eutrofización (VIII) son los que presentan una diferencia por el principio de precaución, lo cual según los macroinvertebrados indica que la calidad del agua (VII) está contaminada y es afectada por la presencia y abundancia de basura y vertimientos de la comunidad Los Ángeles que afectan también la eutrofización (VIII). En la ribera se observan valores bajos debido al cambio de cobertura de la vegetación ribereña principalmente (XIII, XIV, XV, XVI); las características de estos cambios se visualizar en el perfil transversal (Figura 31). El sustrato y la llanura de inundación presentan valores altos del estado ecológico.

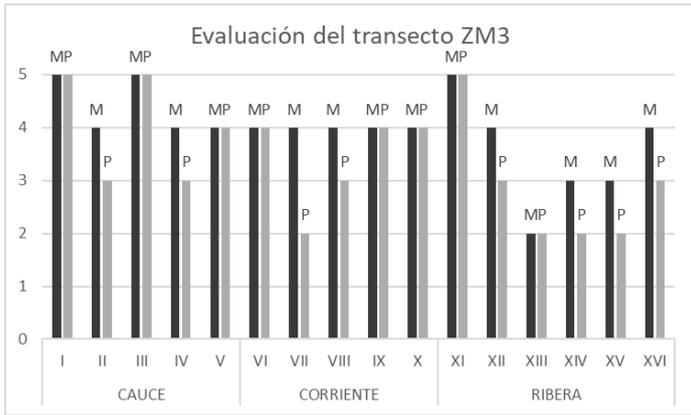


Figura 30. Evaluación del transecto ZM2 por atributo en la microcuenca El Tablón, Área Protegida La Sepultura, Chiapas, México  
5= Excelente, 4=Bueno, 3= Aceptable, 2=Regular, 1=Malo. M=agregación por moda y P= agregación por principio de precaución.

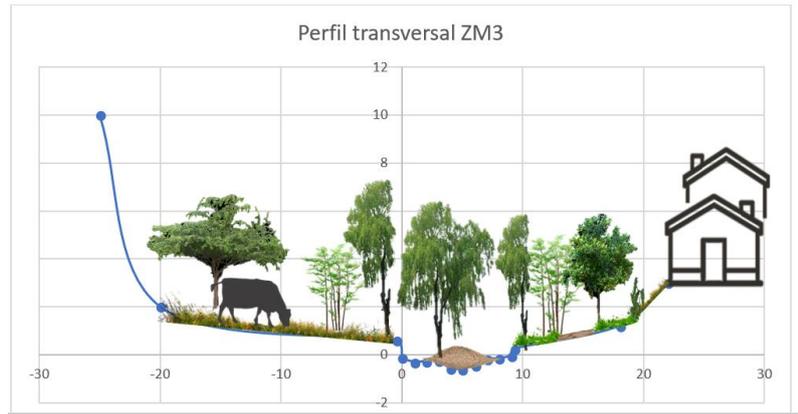


Figura 31. Perfil transversal del transecto ZM3 en la microcuenca El Tablón, Área Protegida La Sepultura, Chiapas, México.

### Transecto ZMR: zona media de referencia



Figura 32. Transecto ZMR en la microcuenca El Tablón, Área Protegida La Sepultura, Chiapas, México. Fotografía Enya Enriquez-Brambila

El transecto se encuentra entre 781 y 773 msnm. Cauce tipo B, con valle semiconfinado. Se identificó por medio de la presencia abundante de la cubierta arbórea en las franjas del ecosistema fluvial y según consultas, los usos de suelo como agricultura y ganadería están abandonados y son ocasionales en el área (Figura 32).

En la Figura 33 se identifica que los atributos del cauce se encuentran entre excelente y buen estado, exceptuo por el atributo de bancos de sedimentos (II) donde según el principio de precaución existe mayor presencia que los que debería de haber en esta zona. En la corriente el atributo con el principio de precaución menor es calidad de agua (II), según el indicador de macroinvertebrados se identifica una ligera contaminación. La ribera en general se encuentra en buen estado; sin embargo, la vegetación ribereña se vio impactada por usos pasados que ahora se encuentran en renaturalización. Según el perfil transversal se puede observar que en general la estructura de la vegetación ribereña es “Buena” (Figura 34).

En la Figura 33 se identifica que los atributos del cauce se encuentran entre excelente y buen estado, exceptuo por el atributo de bancos de sedimentos (II) donde según el principio de precaución existe mayor presencia que los que debería de haber en esta zona. En la corriente el atributo con el principio de precaución menor es calidad de agua (II), según el indicador de macroinvertebrados se identifica una ligera contaminación. La ribera en general se encuentra en buen estado; sin embargo, la vegetación ribereña se vio impactada por usos pasados que ahora se encuentran en renaturalización. Según el perfil transversal se puede observar que en general la estructura de la vegetación ribereña es “Buena” (Figura 34).

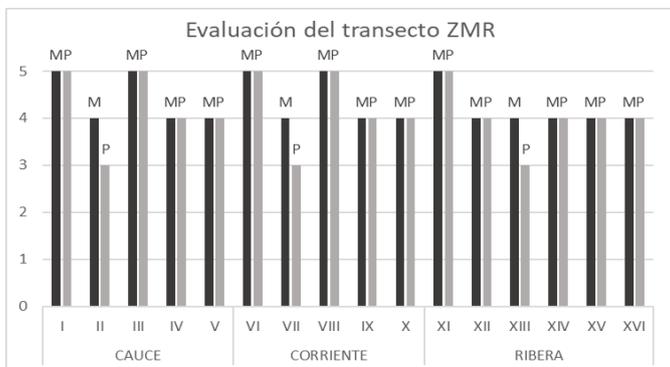


Figura 33. Evaluación del transecto ZMR por atributo en la microcuenca El Tablón, Área Protegida La Sepultura, Chiapas, México  
5= Excelente, 4=Bueno, 3= Aceptable, 2=Regular, 1=Malo. M=agregación por moda y P= agregación por principio de precaución.

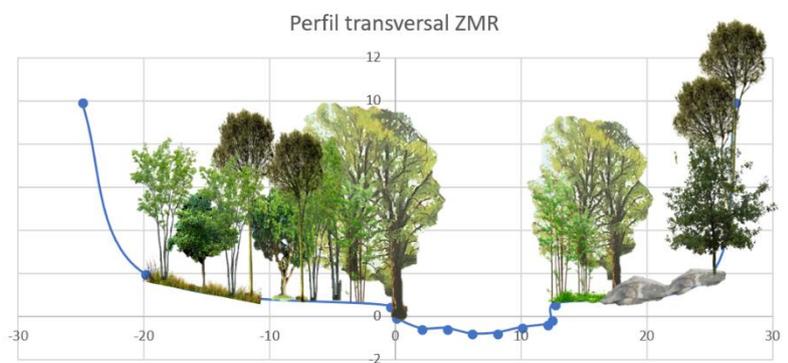


Figura 34. Perfil transversal del transecto ZMR en la microcuenca El Tablón, Área Protegida La Sepultura, Chiapas, México

### Transecto ZM4: zona media 4



Figura 35. Transecto ZM4 en la microcuenca El Tablón, Área Protegida La Sepultura, Chiapas, México. Usos del río. Fotografía: Valeria Figueroa-Villalobos

Transecto ubicado antes de la comunidad Ricardo Flores Magón. Se encuentra entre los 728 y 722 msnm. Tipo de cauce B con valle semiconfinado. Los usos del ecosistema fluvial son con fines agrícolas, ganaderos, recreación y urbano. Los principales impactos son la basura orgánica e inorgánica, extracción de material pétreo para construcciones, incendios y tala para cambio de uso de suelo, vertimiento de aguas grises, entre otros (Figura 35).

En la Figura 36 se identifica que los atributos con mayor afectación son los bancos de sedimentos (II), el lecho (IV) y la estabilidad de las orillas (V). En la corriente se identifica que el atributo más afectado es la calidad de agua (VIII) con un estado Aceptable. En la ribera los atributos se encuentran en un estado aceptable donde las afectaciones de la vegetación ribereña son por los cambios de uso de suelo y los impactos presentes por la comunidad cercana, así como se muestra en el perfil transversal (Figura 37).

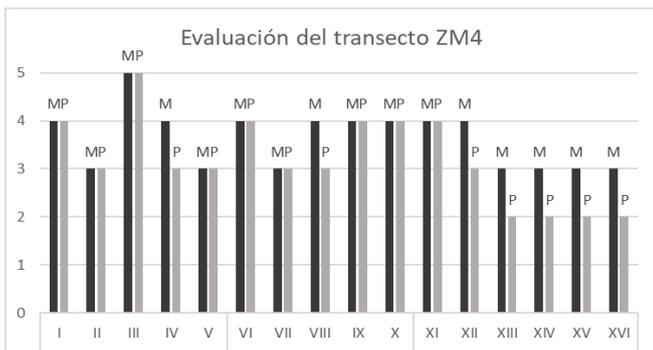


Figura 36 Evaluación del transecto ZM4 por atributo en la microcuenca El Tablón, Área Protegida La Sepultura, Chiapas, México  
5= Excelente, 4=Bueno, 3= Aceptable, 2=Regular, 1=Malo. M=agregación por moda y P= agregación por principio de precaución.

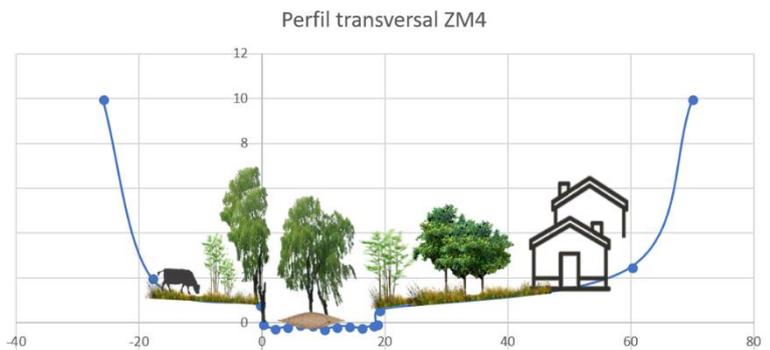


Figura 37. Perfil transversal del transecto ZMR en la microcuenca El Tablón, Área Protegida La Sepultura, Chiapas,

### Transecto ZM5: zona media 5



Figura 38. Transecto ZM5 en la microcuenca El Tablón, Área Protegida La Sepultura, Chiapas, México. Fotografía: Valeria Figueroa-Villalobos

Transecto cercano a la comunidad Ricardo Flores Magón. Se encuentra entre los 725 y 722 msnm. Tipo de cauce B y valle semiconfinado. Los usos del ecosistema fluvial son para fines agrícolas, ganaderos y para la población cercana. Los impactos son por basura inorgánica y orgánica, vertimientos de aguas grises, extracción de materiales pétreos, paso de ganado y vehículos (Figura 38).

En la Figura 39 se observa que los atributos más dañados del cauce son los bancos de sedimentos (II), el lecho (IV) y la estabilidad de las orillas (V). En la corriente el atributo más afectado con un estado aceptable es la calidad de agua (VII), en la ribera son los elementos de la vegetación ribereña. En el perfil transversal se puede observar el cambio de uso de suelo (Figura 40).

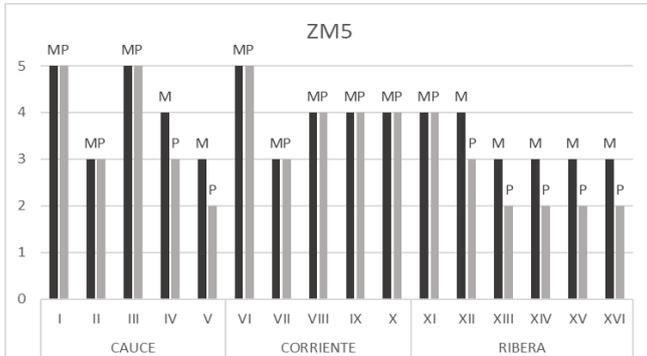


Figura 39. Evaluación del transecto ZM5 por atributo en la microcuenca El Tablón, Área Protegida La Sepultura, Chiapas, México 5= Excelente, 4=Bueno, 3= Aceptable, 2=Regular, 1=Malo. M=agregación por moda y P= agregación por principio de precaución.

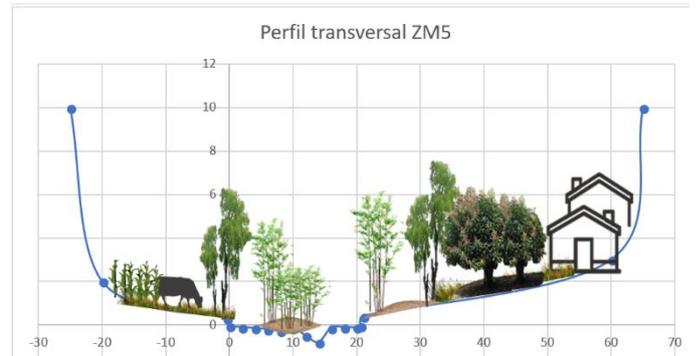


Figura 40. Perfil transversal del transecto ZM5 en la microcuenca El Tablón, Área Protegida La Sepultura, Chiapas

### Transecto ZM6: zona media 6



Figura 41. Transecto ZM6 en la microcuenca El Tablón, Área Protegida La Sepultura, Chiapas, México  
Fotografía: Valeria Figueroa-Villalobos

El transecto se ubica en la zona media del cauce principal cercana a la zona baja. Se encuentra entre los 660 y 656 msnm. El cauce es tipo C y valle abierto. Los usos identificados son agrícola, ganadero y de recreación (Figura 41).

En la Figura 42 se observa que en el cauce los atributos más afectados son el lecho (IV) y la estabilidad de las orillas (V) ; en la corriente la calidad de agua (VII) y en la ribera los atributos de la estructura de la vegetación ribereña (XIII, XIV, XV, XVI), donde puede notarse la ausencia y cambio de estructura de la vegetación ribereña por el cambio de uso de suelo en el perfil transversal (Figura 43). Los principales impactos son la compactación y erosión por el paso de vehículos y ganado; tala e incendios para el cambio de uso de suelo y extracción pétreo para construcciones.

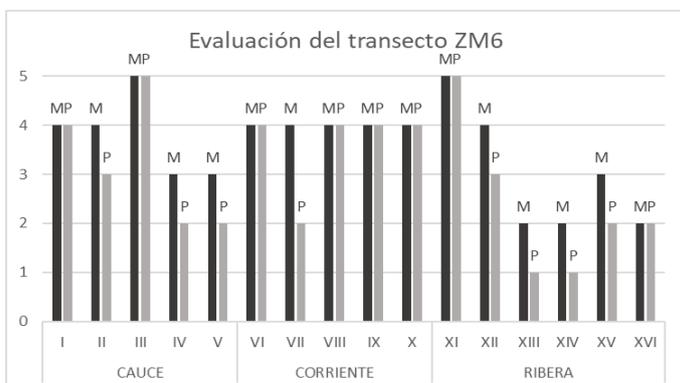


Figura 42. Evaluación del transecto ZM6 por atributo en la microcuenca El Tablón, Área Protegida La Sepultura, Chiapas, México 5= Excelente, 4=Bueno, 3= Aceptable, 2=Regular, 1=Malo. M=agregación por moda y P= agregación por principio de precaución.

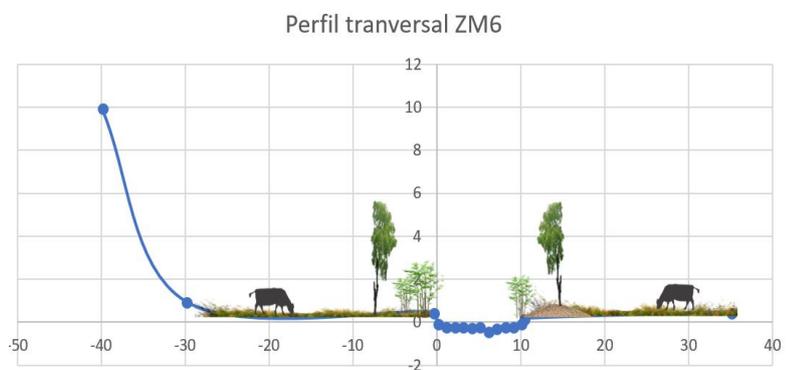


Figura 43. Perfil transversal del transecto ZM6 en la microcuenca El Tablón, Área Protegida La Sepultura, Chianas.

## Transecto ZB1: zona baja 1



Figura 44. Transecto ZB1 en la microcuenca El Tablón, Área Protegida La Sepultura, Chiapas, México. Fotografía: Enya Enriquez-Brambila.

El transecto se ubica antes de la comunidad Agrónomos Mexicanos, a 653 msnm. El nombre del río es El Tablón, el tipo de cauce es C y el valle es abierto. Los usos del ecosistema fluvial son agrícola, ganadero y recreación (Figura 44).

En la Figura 45 observamos que en el cauce los atributos con menor estado son los bancos de sedimentos (II), el lecho (IV) y la estabilidad de las orillas (V).

En la corriente la calidad de agua (VII) y en la ribera la estructura de la vegetación ribereña (XIII, XIV, XV, XVI) que, según se puede observar, está en el perfil transversal (Figura 46). Los impactos principales que los afectaron fueron la presencia de basura orgánica e inorgánica, vertimientos de establos, huertos y agrícolas, presencia de construcciones por la comunidad, compactación y erosión de suelo por el paso de ganado y vehículos, extracción pétreo.

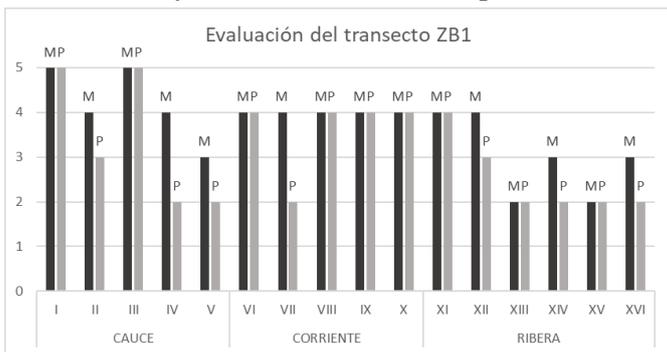


Figura 45. Evaluación del transecto ZB1 por atributo en la microcuenca El Tablón, Área Protegida La Sepultura, Chiapas, México 5= Excelente, 4=Bueno, 3= Aceptable, 2=Regular, 1=Malo. M=agregación por moda y P= agregación por principio de precaución.

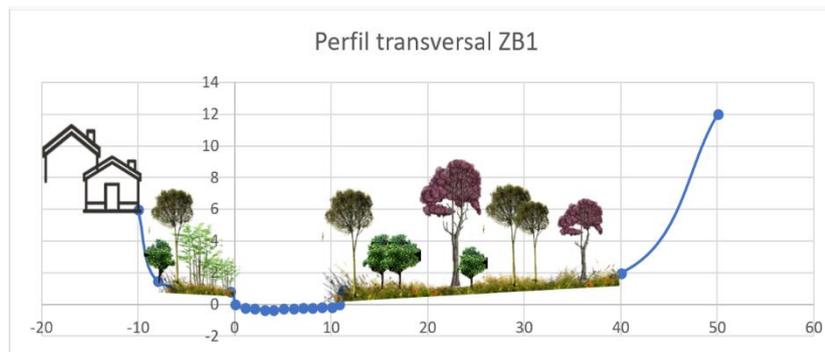


Figura 46. Perfil transversal del transecto ZB1 en la microcuenca El Tablón, Área Protegida La Sepultura, Chiapas

## Transecto ZB2: zona baja 2



Figura 47. Transecto ZB2 en la microcuenca El Tablón, Área Protegida La Sepultura, Chiapas, México. Fotografía: Enya Enriquez-Brambila

El transecto se ubica después de la comunidad Agrónomos Mexicanos a 652 msnm. El cauce es tipo C y valle abierto (Figura 47).

En la Figura 48 se identifica que los atributos morfología del cauce (I), bancos de sedimentos (II), lecho (IV) y estabilidad de las orillas (V) son los que se encuentran con valores más bajos del estado ecológico; en la corriente los tipos de corriente (VI) y la calidad de agua (VII) y en la ribera los atributos de estructura de vegetación ribereña donde el perfil longitudinal detalla la pérdida de diversidad y cobertura arbórea (Figura 49).

de diversidad y cobertura arbórea (Figura 49).

Los impactos causantes de la disminución de este estado son basura orgánica e inorgánica; incendios y tala para cambio de uso de suelo y extracción de materiales para construcción.

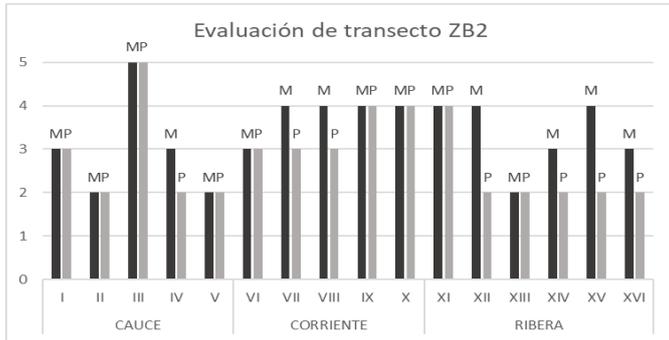


Figura 48. Evaluación del transecto ZB2 por atributo en la microcuenca El Tablón, Área Protegida La Sepultura, Chiapas, México  
5= Excelente, 4=Buena, 3= Aceptable, 2=Regular, 1=Mala. M=agregación por moda y P= agregación por principio de precaución.



Figura 49. Perfil transversal de ZB2 en la microcuenca El Tablón, Área Protegida La Sepultura, Chiapas

### Transecto ZBR: zona baja de referencia



Figura 50. Transecto ZBR en la microcuenca El Tablón, Área Protegida La Sepultura, Chiapas, México. Fotografía: Enya Enriquez-Brambila

El transecto se encuentra en la zona baja del cauce principal. Se encuentra entre los 650 y 648 msnm. Tipo de cauce C y valle semiconfinado. Los usos principales son ganaderos (Figura 50).

En la figura 51 se identifica que los atributos del cauce con mayor afectación fueron los bancos de sedimento (II); en la corriente la calidad de agua (VII).

En la ribera la mayoría de los atributos se encuentran en Buen estado, lo cual se refleja en la presencia de cobertura arbórea que se identifica en el perfil longitudinal (Figura 52). Los impactos identificados son presencia de estiércol, establos para el ganado y erosión por pisoteo del ganado.

Los impactos identificados son presencia de estiércol, establos para el ganado y erosión por pisoteo del ganado.

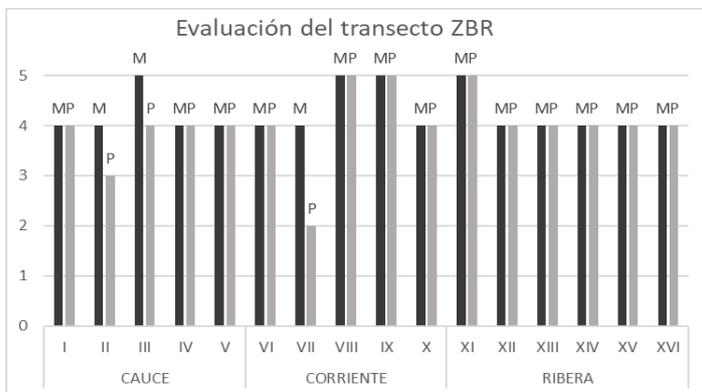


Figura 51. Evaluación del transecto ZBR por atributo en la microcuenca El Tablón, Área Protegida La Sepultura, Chiapas,

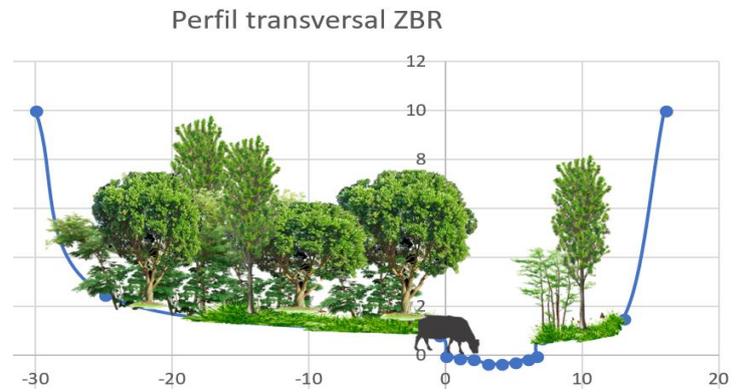


Figura 52. Perfil transversal de ZBR en la microcuenca El Tablón, Área Protegida La Sepultura, Chiapas

#### 4. Resumen del estado ecológico del ecosistema fluvial e impactos antrópicos

Por medio de la agregación de los valores dados a cada uno de los elementos evaluados del ecosistema fluvial en el cauce principal de la microcuenca El Tablón, se tiene que el estado general es “3” Aceptable según el criterio de moda y “1” Malo (Degradado), según el principio de precaución. Lo anterior denota que existen elementos del ecosistema fluvial que se encuentran fuertemente afectados, tales como calidad de agua, vegetación ribereña, estabilidad de las orillas (Anexo 2).

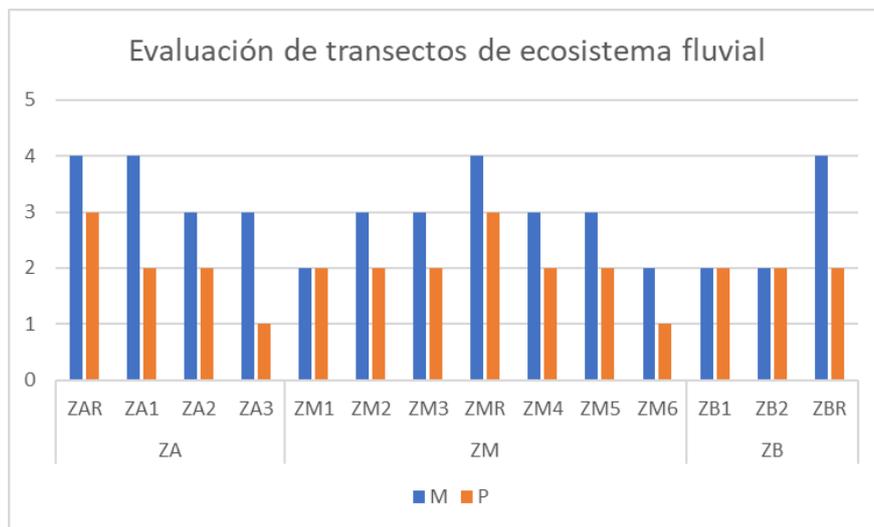


Figura 53. Evaluación de transectos por zona del cauce principal El Tablón, Área Protegida La Sepultura, Chiapas, México

En la Figura 53 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.

También se identifica que no hay ningún transecto con valor “5” (estado de excelencia). Esta situación 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.

En resumen, los atributos más afectados en el ecosistema fluvial y los impactos antrópicos que lo provocan son los siguientes:

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 que fue la que más afectaciones presentó por actividades de cambio de uso de suelo para ganado, agricultura y casas-habitación tales como talas e incendios. Además, la presencia de estas actividades y construcciones impiden la regeneración y recuperación de la ribera, lo cual provoca además la exposición del suelo a ser erosionado o compactado por las mismas actividades.

En la Figura 54 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. Sin embargo, como se observa en la tabla, el principio de precaución detalla que hay elementos que se encuentran con valores 1 indicando estados ecológicos malos y en degradación. En el caso de la zona baja observamos que el criterio de agregación de moda y de principio de precaución presentan el mismo valor “2” como un estado Regular.

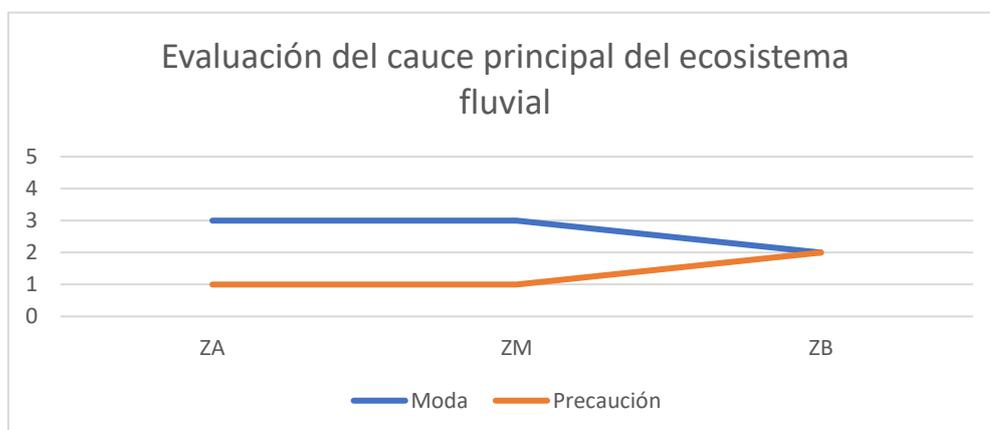


Figura 54. Evaluación de las zonas del cauce principal de la microcuenca El Tablón, Área Protegida La

Cabe mencionar que según las inclinaciones observadas en los valores de la moda (Figura 54), se puede decir que el estado ecológico disminuye según la descendencia del cauce principal en el territorio, debido a la acumulación de impactos a medida que el cauce pasa por las diferentes partes y usos de la microcuenca. Este es el caso de la basura en la corriente y su contaminación por vertimientos ya sean agroquímicos, industriales, urbanos o mineros.

En cuanto a la calidad del agua, es importante mencionar que algunos datos de los bioindicadores, según la metodología de los macroinvertebrados BMWP-CR, con la adaptación de los valores de las familias para el caso de los ríos del sur de México, mostraron valores bajos en la zona alta donde no se percibieron impactos significativos. Además, los datos fisicoquímicos mostraron un buen estado de calidad. Este resultado puede ser influenciado no por las condiciones de calidad de la corriente, sino por las características físicas del cauce (angostos, poca profundidad), que disminuyen la frecuencia de hábitat o bien por el tipo de esfuerzo de muestreo y baja experiencia del equipo técnico de muestreo e identificación taxonómica de macroinvertebrados, lo que implica una disminución de registro de familias (Reyes-Morales y Springer 2014).

Sin embargo, a pesar de estas desventajas, esta sigue siendo una de las herramientas didácticas y prácticas a utilizar para identificar el estado general de la calidad de la corriente, pues según lo mencionan Alba-Tercedor y Sánchez-Ortega 1988 y Jonson *et al.* 1992, citados por Gutiérrez *et al.* (2004) “ofrecen múltiples ventajas tales como: simplicidad metodológica, rapidez en la obtención de los resultados y una alta confiabilidad, lo que hace de estos métodos una herramienta idónea para la vigilancia rutinaria de la calidad del agua en las cuencas y ríos en general”.

Finalmente, como resultado final de la agregación de los valores asignados a cada elemento (atributos y componentes) y escala (transecto y zona) del ecosistema fluvial, se obtuvo un estado general Aceptable con valor 3 según el criterio de moda. Esto significa, según la metodología de evaluación, que la estructura e integridad ecológica 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.

En el caso del criterio por principio de precaución, se denota que existen elementos (cabe recordar que no se refiere a todos los elementos a diferencia del criterio de moda), con valor 1 que indica un estado malo o en degradación lo cual significa, según el formato de evaluación, que la estructura e integridad ecológica se encuentran severamente alterados. Esto disminuye la calidad y cantidad de los componentes y atributos del ecosistema fluvial.

La importancia ecológica es baja ya que el ecosistema sufre la pérdida de estructura y funcionamiento que afectan su capacidad de brindar servicios y 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, hidro-morfológicas y ecológicas. Reducir las

presiones y los impactos tanto como sea posible y trabajar con la percepción social sobre la degradación de su río.

#### 5. Propuestas de manejo a partir de la evaluación del ecosistema fluvial

Las propuestas de manejo se realizaron con base en los valores y elementos del ecosistema fluvial focalizados por los principios de precaución. Cada una de las propuestas se ubica según la zona alta, media o baja del cauce principal. Los tipos de manejo y acciones recomendadas se dieron con base en los atributos dañados e impactos antrópicos identificados mediante la aplicación de la evaluación del estado ecológico del ecosistema fluvial.

Aunado a lo anterior se recomienda presentar los resultados y propuestas de manejo en un esfuerzo de socialización con las comunidades presentes en el área de estudio para generar acuerdos y un cronograma de actividades para el manejo del ecosistema fluvial.

Cabe mencionar que las propuestas se basaron en algunos estudios como Aguilar-Garavito *et al* 2015; Ceccon *et al* 2016; Enriquez-Brambila *et al* 2018 Navas 2018.

#### 1. **Componente:** CAUCE **Atributo:** II. Banco de sedimentos

##### **Impactos antrópicos en zona alta y media:**

Presencia no acorde al tipo de cauce, lo que denota alto porcentaje de arrastre de sedimentos por exposición del sustrato en riberas o laderas por falta de cobertura arbórea debido a actividades ganaderas o agrícolas.

##### **Tipo de manejo:**

Conservación, rehabilitación y control de impactos

##### **Acciones recomendadas:**

Conservar la cobertura arbórea actual.

Impedir el aumento de actividades de tala e incendios en las laderas de la microcuenca.

Promover café con sombra y sistemas agroforestales.

Realizar acciones de conservación de suelo y reforestación de áreas abiertas.

##### **Impactos antrópicos en zona media y baja:**

Ausencia de vegetación en los bancos de sedimentos e impactos por extracción de materiales pétreos.

##### **Tipo de manejo:**

Rehabilitación y control de impactos.

##### **Acciones recomendadas:**

Controlar la presencia de establos o ganado en o dentro de ríos por medio de cercas vivas en los márgenes y construir sitios locales y pequeños donde el ganado pueda acercarse a beber agua evitando que coman o pisoteen las regeneraciones de vegetación de los bancos. Controlar las extracciones pétreas.

#### 2. **Componente:** CAUCE **Atributo:** V. Estabilidad de las orillas

##### **Impactos antrópicos:**

Ausencia de vegetación; erosión y/o compactación por paso de ganado y vehículos. Extracción de materiales pétreos.

##### **Tipo de manejo:**

Rehabilitación y control de impactos.

**Acciones recomendadas:**

Generar acuerdos para la vigilancia de la comunidad para controlar impactos en las orillas de los ríos.

Controlar quemas y talas que disminuyan los estratos y cubierta vegetal en las orillas.

Ubicar las extracciones pétreas a los bancos de sedimentos ubicados en esta zona.

Promover la reforestación en las orillas con pastos o arbustos de vegetación secundaria de fácil crecimiento para que formen una cama que cubra y proteja el suelo.

Evitar la ubicación de establos dentro de las quebradas.

Controlar el paso del ganado con cercas vivas en las orillas.

**3. Componente: CORRIENTE Atributo: VII. Calidad de agua**

**Impactos antrópicos:**

Presencia de vertimientos de aguas grises, agroquímicos y carnicerías, desechos de excrementos y baños de animales de establos y presencia de basura por visitantes a sitios de recreación o poblados.

**Tipo de manejo:**

Generación de acuerdos; técnicas de tratado y manejo de residuos.

**Acciones recomendadas:**

Promover educación ambiental del uso adecuado del agua en las comunidades.

Continuar y fortalecer los esfuerzos de capacitación y educación ambiental del uso de agroquímicos.

Promover alternativas de cultivos diversificados para aumentar su resistencia a enfermedades o plagas.

Capacitar y promover educación ambiental sobre desechos en las carnicerías (manejo de sangre y tejidos de animales) en composta.

Proponer capacitación de separación de residuos, composteo para la reutilización de los desechos orgánicos de establos y huertos.

Promover capacitación de filtros recicladores de aguas grises para su uso en el riego de huertos de traspatio.

Generar acuerdos para evitar establos dentro del río y reubicar si es posible los que ahí se encuentren.

**4. Componente: RIBERA Atributo: XIII, XIV, XV, XVI Estructura, composición, conectividad y regeneración de la vegetación ribereña.**

**Impactos antrópicos:**

Actividades de roza, tumba y quema para cambio de uso de suelo para pastizales, establos, cultivos o poblados.

Presencia de ganado que pisa y come la regeneración.

**Tipo de manejo:**

Conservación, rehabilitación, acuerdos y control de impactos.

**Acciones recomendadas:**

Conservar las nacientes y áreas que según imágenes satelitales o referencias de los informantes clave no han sufrido impactos severos.

Generar vigilancia y acuerdos ejidales para el control de tala y quema en los potreros ubicados en ribera.

Promover en los establos o zonas ganaderas que se encuentren dentro del área ribereña prácticas silvopastoriles.

En zonas de cultivo promover prácticas agroforestales o diversificación de cultivos.

En zonas de ribera con presencia de asentamientos humanos, promover los huertos de traspatio para generar cobertura con plantas ornamentales, plantas medicinales y frutales, entre otros, sin tumbar los pertenecientes a la ribera.

Consultar sobre especies de interés para reforestación.

Reforestación de las riberas tres veces el ancho del cauce (ideal) o al menos una vez (aceptable), con diversos estratos herbáceos, arbustivos y arbóreos.

En Zona Alta se recomienda incluir en la reforestación la palma camedor, integrando la capacitación de manejo en la corta para un aprovechamiento sostenible, para generar así corredores que permitan el posible aprovechamiento de los pobladores e interés en su conservación y producción, generando una simbiosis entre el río (provee agua y nutrientes) y la especie (provee cobertura y estabilidad de sustrato). Bajo la misma dinámica, las heliconias que se distribuyen en la zona. También se recomienda la reforestación con especies de liquidambar por su aprovechamiento de resina e incienso (comunicación personal de técnicos de CONANP). Se recomienda considerar las especies del Anexo 3.

En zona media y baja: Promover la reforestación con especies de árboles multifuncionales y aprovechables para el ganado\*. Promover cercas vivas para delimitar establos cercanos al cauce, conservar especies nativas y controlar los impactos que afectan las riberas (Anexo 3 o según la lista de árboles multifuncionales\*).

\*Árboles multifuncionales en Mesoamérica propuestos por FUNDECOR, CATIE y USFWS (2015): *Albizia niopoides* (gallinazo), *Albizia saman* (genízaro), *Byrsonima crassifolia* (nancite), *Cassia grandis* (carao), *Cedrela odorata* (cedro), *Ceiba pentandra* (ceiba), *Coccoloba caracasana* (papalón), *Cordia dentata* (tigüilote), *Crescentia alata* (jícara), *Enterolobium cyclocarpum* (guanacaste), *Gliricidia sepium* (madero negro), *Guazuma ulmifolia* (guácimo), *Mangifera indica* (mango), *Spondias mombin* (jobo), *Spondias purpurea* (jocote) y *Tabebuia rosea* (roble).

La aplicación, seguimiento y monitoreo de lo propuesto anteriormente, tendrá un mayor alcance en tiempo y espacio si existe la participación de las comunidades asentadas en el territorio en la toma de decisiones. Esta implicación del público en el manejo y gestión del ecosistema fluvial paralela al agua permitirá cambiar modelos sociales (valores, percepciones y opiniones) instaurados en los últimos años, contribuyendo así a la solución de los problemas ambientales (La Calle, 2008; Ballesteros Ciró y Subirats Humet 2015).

ello anterior permitiría una mayor responsabilidad social y capacidad de adaptación ante futuros problemas que afecten el desarrollo y bienestar, tanto de las comunidades como el mantenimiento y resiliencia de los ecosistemas fluviales en un territorio.

Cabe mencionar que, si bien es importante identificar en el territorio las zonas naturales o prístinas de este ecosistema, tras la aplicación de las recomendaciones o manejo no se

pretende llegar a tal grado de complejidad ya que tenemos en cuenta que el ser humano está en constante interacción con los ecosistemas fluviales.

Según lo menciona Covich *et al.* 1995 citado por González del Tánago y García de Jalón (1998), la integridad ecológica de los ecosistemas naturales, actuales o que hayan existido en el pasado, no es necesariamente superior a la de los ecosistemas intervenidos. Por lo que, bajo buenas prácticas se pretende llegar a los estados buenos o aceptables del ecosistema, lo cual nos permite no solo preservar su integridad sino también, tener una interacción con ellos para el aprovechamiento de sus servicios y recursos, manteniendo siempre el control del tipo y magnitud de impactos para no generar daños significativos, utilizando la metodología como una herramienta de monitoreo.

## CONCLUSIONES

Se evaluaron 14 transectos distribuidos en las zonas alta, media y baja del cauce principal en la microcuenca El Tablón, Chiapas, México.

El ecosistema fluvial evaluado a través de la agregación de resultados de evaluación del estado ecológico de cada una de sus escalas de jerarquización se obtuvo según el método de agregación de moda con un valor “3” el cual significa Aceptable donde:

La estructura e integridad ecológica del ecosistema fluvial de la microcuenca El Tablón tienen cambios notables en sus características naturales por la presencia de impactos antrópicos que pueden afectar la calidad y disposición de servicios ecosistémicos. A pesar de ello sigue teniendo una alta importancia ecológica pues aún se mantienen la estructura y funcionamiento de algunos elementos. Se requieren medidas de restauración y que se eliminen o reduzcan los impactos antrópicos que los afectan tanto como sea posible.

El principio de precaución indica que algunos elementos del ecosistema fluvial en la microcuenca El Tablón, están siendo severamente afectados por impactos antrópicos (para poder identificar cuáles, dónde y porqué, se recomienda ver el Anexo 2 en la matriz de evaluación). El valor de estos es “1” que significa “Malo o degradado”:

La estructura e integridad ecológica están severamente alterados. Esto disminuye la calidad y cantidad de los componentes y atributos del ecosistema fluvial. Su importancia ecológica es baja ya que el ecosistema sufre la pérdida de estructura y funcionamiento afectando su capacidad de brindar servicios. Presencia abundante 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, hidro-morfológicas y ecológicas. Reducir las presiones y los impactos tanto como sea posible y trabajar con la percepción social sobre la degradación de su río.

A partir de los resultados obtenidos del estado del ecosistema fluvial se determinaron diversas propuestas de manejo y acciones para el mantenimiento y recuperación del estado ecológico del ecosistema fluvial en el área de estudio, que involucran la participación de las comunidades presentes y dependientes de los servicios que brinda este ecosistema en el territorio.

## LITERATURA CITADA

- Aguilar-Garavito, M; Ramírez, W. 2015. Monitoreo a procesos de restauración ecológica aplicado a ecosistemas terrestres. Bogotá, Colombia, Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. 250 p.
- Arrojo, P. 2010. Crisis global del agua: valores y derechos en juego. Barcelona. Cristianisme i Justícia.
- 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.
- 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.
- 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.).
- Ballesteros Ciró; Subirats Humet 2015. Gobernanza del Agua, participación pública y gestión de conflictos. In Moral Ituarte, L; Agudo, P. A; Grao, TH. 2015. El agua: Perspectiva ecosistémica y gestión integrada. Zaragoza, España, Fundación Nueva Cultura del Agua. Zaragoza. p. 390-416.
- Ceccon, E. 2016. La dimensión social de la restauración en bosques tropicales secos: diálogo de saberes con la organización no gubernamental Xuajin MePhaa en Guerrero. In Ceccon E; Martínez-Garza C (coords). Experiencias mexicanas en la restauración de los ecosistemas. México, Conabio. p. 347-368.
- 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; Aispuro-Chavez A; Ortiz-Arrona C. 2018. Evaluación del estado ambiental del ecosistema fluvial en las comunidades de la microcuenca El Cangrejo, Autlán, México. In Investigación e Innovación Universidad en Ciencias e Ingeniería. Guadalajara, México. s. p.
- FUNDECOR (Fundación de la Cordillera Volcánica Central); CATIE Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza; USFWS (US Fish and Wildlife). 2015. Cartel Ilustrado de guía de árboles multifuncionales en Mesoamérica.
- González del Tánago, M.; García de Jalón, D.. 1998. Restauración de ríos y riberas. Madrid, España, Ediciones Mundi-Prensa.
- 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.
- Gutiérrez, JD; Riss, W; Ospina, R. 2004. Bioindicación de la calidad del agua con macroinvertebrados acuáticos en la sabana de Bogotá, utilizando redes neuronales artificiales. *Caldasia* 26(1): 151-160.

- INEGI (Instituto Nacional de Estadística y Geografía). 2010. Censo de Población y Vivienda. Principales resultados por localidad (ITER). México.
- 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.
- Navas, SYV. 2018. Análisis participativo de la adopción y adaptación de prácticas agrícolas climáticamente inteligentes priorizadas mediante escuelas de campo en Nicaragua. Thesis Máster en Práctica de Conservación de la Biodiversidad. Turrialba, Costa Rica, CATIE.
- 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.
- 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/articles/plan-demanejo-integral-del-fuego-la-sepultura-.html> Consultado el 11 abril del 2015. 63 p.
- Reyes-Morales, F; Springer, M. 2014. Efecto del esfuerzo de muestreo en la riqueza de táxones de macroinvertebrados acuáticos y el índice BMWP/Atitlán. Revista de Biología Tropical 62:291-301.
- 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.
- Rosgen, D. L. 1996. Applied river morphology. 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.
- 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.
- Vásquez, D; Springer, M; Castro, A; Kohlmann, B. 2010. Universidad EARTH. Costa Rica. Guía Ilustrada. Costa Rica. UCR; Univ. EARTH.
- 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.

## 10. CONCLUSIONES GENERALES

1. Se reconoce la importancia del ecosistema fluvial en el mantenimiento de la estructura y funcionamiento de un paisaje, así como en el desarrollo y bienestar de las comunidades humanas.
2. También se reconoce la fuerte degradación por la presión humana que actualmente está sufriendo el ecosistema fluvial por la sobreexplotación y desvalorización de sus funciones en el territorio, siendo consientes con ello de las repercusiones en el desarrollo y bienestar social.
3. Por lo anterior surge la importancia de generar herramientas y procesos de gestión adecuada de estos ecosistemas en el territorio.
4. Con base en ello, surgió la propuesta metodológica que aquí se desarrolló, explicó y reporto su validación. Un esfuerzo por generar innovación en la implementación de evaluaciones a ecosistemas fluviales para el manejo y gestión adecuada en los territorios de la zona intertropical americana.
5. Los principales beneficios que detalla la metodología son:
  - a. Integración de una diversidad de elementos que conforman el ecosistema fluvial (tres componentes principales: cauce, corriente y ribera; 16 atributos y 51 indicadores) bajo diversas escalas en el paisaje
  - b. Diferenciación de cambios naturales o antrópicos que inciden en las características de los elementos del ecosistema fluvial, a través de la identificación de la estructura y funcionamiento en zona alta, media y baja; época de lluvia o sequía; corrientes tipo intermitentes o perennes; tipos de valle abierto, confinado o semiconfinado; e impactos antrópicos directos e indirectos según antecedentes e información de la zona intertropical americana.
  - c. Evaluación de cada uno de los 51 indicadores de desempeño para asignarles un valor según su estado en campo para evitar la confusión de los evaluadores en la determinación del valor final del estado ecológico por agregación.
  - d. Agregación por medio de dos métodos cualitativos (moda y precaución), lo cual permite tanto tener un resultado general del ecosistema fluvial e identificar elementos que se encuentren en peor estado para poder determinar y focalizar acciones de manejo para su mejora y el del estado general.
  - e. Herramienta útil tanto para reportar el buen estado del ecosistema fluvial como elementos en proceso de degradación o disminución de la integridad ecológica.
  - f. Herramienta de monitoreo para la documentación de la recuperación de los atributos del ecosistema fluvial a través de acciones de manejo.
  - g. Métodos y materiales accesibles para organizaciones y comunidades dedicadas o de interés en el manejo de recursos naturales en su territorio.
6. A partir de la validación en campo se detectaron ajustes a la metodología, determinando una fase importante en la construcción de una propuesta metodológica de evaluación.

7. La validación fue exitosa y obtuvo resultados del estado ecológico del ecosistema fluvial, así como la identificación de sus elementos más dañados y/o conservados, impactos antrópicos y acciones de manejo para el territorio evaluado.
8. Cabe mencionar que esta metodología puede 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; incluyendo sus principios ecológicos e interacción antrópica con los marcos legales de los distintos países que conforman la zona intertropical americana.
9. La metodología es flexible a posibles cambios de estructura, ligados a las experiencias próximas y al aumento de validaciones en campo para identificar y documentar en los formatos diversos cambios del ecosistema fluvial por factores naturales como vegetación, clima y características de las cuencas hidrográficas de la zona intertropical americana.

## 11. RECOMENDACIONES

Según la experiencia obtenida en el desarrollo de la metodología y en su validación en campo, se proponen las siguientes recomendaciones y alcances para continuar con el proyecto y robustecer su validación:

Según el Capítulo 1

1. Generar una guía ilustrada del formato de evaluación del ecosistema fluvial para facilitar al manejador el entendimiento de los atributos del ecosistema y su estado ecológico según su valor en la escala de desempeño.
2. Generar aplicaciones en territorios con presencia de impactos urbanos, industriales y/o mineros para validar e identificar la sensibilidad de la metodología ante el aumento y diversificación de impactos antrópicos como factores de degradación del ecosistema fluvial.
3. Continuar la aplicación de esta metodología en otros territorios, generando robustez en la experiencia de aplicación, ajustes necesarios para su mejoramiento y el conocimiento del estado ecológico e impactos que presentan los diversos ecosistemas fluviales de la zona intertropical americana.
4. Capacitar y generar sistematización de experiencias sobre la aplicación de esta metodología por comunidades, organizaciones y/o manejadores de recursos naturales.
5. Generar una aplicación WEB para compilar los datos de los diversos usuarios de la metodología y con ello generar una base de datos para el reconocimiento y monitoreo del estado ecológico de nuestros ríos en la zona intertropical americana.

Según Capítulo 2

1. Hacer una segunda aplicación de la metodología en época de lluvias en la microcuenca El Tablón, Chiapas, México para identificar la sensibilidad del cambio de época.
2. Socializar resultados del estado ecológico del ecosistema fluvial con las comunidades y manejadores de recursos naturales de la microcuenca El Tablón, Chiapas, México.
3. Generar un proyecto de aplicación de acciones de manejo para la recuperación del estado ecológico según los resultados de evaluación del ecosistema fluvial de El Tablón con participación comunitaria y acompañamiento institucional.

## 12. ANEXOS

### ANEXO 1. Análisis de metodologías existentes sobre evaluación de ecosistemas fluviales

Nombre Autor Lugar Año	Lugares en donde se ha aplicado	Elementos del ecosistema fluvial evaluados	Características que se evalúan del componente	Método de obtención de datos	Valores de escalas de desempeño	Limitaciones	Fortalezas de metodología y aspectos útiles para integrar
<p><b>1.SVAP2</b> Metodología evaluativa</p> <p>Nombre: <i>Stream Visual Assessment Protocol Versión 2.</i></p> <p>Autores: <i>Bjorkland, R; Pringle, C. M; Newton. USDA and NRCS.</i></p> <p>Lugar: <i>EUA</i> Año: <i>2009</i></p>	<p>EUA: estados de Utah, Iowa, South Carolina, Washington.</p> <p>Dichos estados están ubicados en la zona mediterránea (Köppen, 1948).</p> <p>Aplicado a zonas de ríos de montaña, con cauces estrechos.</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1.Estado del cauce</li> <li>2. Alteración hidrológica</li> <li>3. Estado del banco de materiales</li> <li>4. Cantidad de vegetación ribereña</li> <li>5. Calidad de vegetación ribereña</li> <li>6. Cubierta del dosel</li> <li>7. Apariencia del agua</li> <li>8. Enriquecimiento de nutrientes</li> <li>9. Estiércol y basura de humanos presente</li> <li>10. Pozas</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Formas y ajustes que afectan el cauce</li> <li>2. Régimen de inundaciones e impactos antrópicos</li> <li>3. Área accesible, materiales y estructuras del cauce</li> <li>4. Estimación de largo y claros en la vegetación</li> <li>5. Vegetación nativa, diversidad, densidad, edad, invasoras.</li> <li>6. Sombra del dosel, porcentaje cubierta.</li> <li>7. Turbidez del agua, claridad apropiada y visibilidad del lecho</li> </ol>	<p>La información de las características que se evalúan es recopilada por medio de métodos cualitativos en su mayoría como la identificación de especies, observación de apariencia y</p>	<p>Para cada elemento del ecosistema que evalúa se asignan cuatro escalas de desempeño con valores que varían del 0 al 10, donde el mejor escenario es 10 y 0 el peor.</p> <p>Se pretende que con este método se identifiquen estados degradado</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. La mayoría de los elementos evaluados busca evaluar el hábitat que provee el cauce a los peces, y no los elementos del ecosistema en sí.</li> <li>2. Los elementos 2, 9 y 11 no son componentes naturales del ecosistema fluvial son impactos, lo cual confunde entre el estado de un componente natural del ecosistema fluvial y el factor de cambio antrópico que lo afecta. Sobre evaluándose algunos</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Intención de destinar su uso para de técnicos de campo y conservacionistas.</li> <li>2. Apto para la evaluación de pequeños ríos como ríos de montaña. No apto para ríos caudalosos.</li> <li>3. Contempla modificaciones dependiendo de las características físicas, condiciones del cauce, y la historia de los requerimientos acuáticos.</li> <li>4. Evaluación cualitativa de los atributos evaluados.</li> </ol>

		<p>11. Barreras de corriente</p> <p>12. Complejidad del hábitat para peces</p> <p>13. Hábitat para macroinvertebrados</p> <p>14. Comunidad de invertebrados</p> <p>15. Rápidos</p> <p>16. Salinidad</p>	<p>8. Claridad de agua, presencia de algas, color y olor.</p> <p>9. Presencia de ganadería, tuberías, flujos contaminantes</p> <p>10. Cantidad de pozas y tipo de lecho</p> <p>11. Tipo de barreras y su presencia.</p> <p>12. Identifica tipo de corriente, lecho, profundidad y velocidad.</p> <p>13. Identifica presencia de troncos, rocas, vég. acuática.</p> <p>14. Identifica tipo de invertebrados.</p> <p>15. Identifica tipo del lecho.</p> <p>16. Identifica si salinidad del suelo por color amarillo en vegetación ribereña.</p>	<p>elementos del cauce, y estimación de presencia y afectación de impactos.</p>	<p>severo, pobre, justo, bueno y excelente.</p>	<p>elementos de la metodología.</p> <p>3. No diferencia los cambios naturales del ecosistema fluvial en cuanto a la zona alta, media y baja del ecosistema fluvial y esto incurre a un error de evaluación por cambios naturales y no por impacto antrópicos.</p> <p>4. Es necesario abordar más tipos de impactos que afectan al ecosistema fluvial, pues solo se focaliza en ganadería y barreras construidas.</p> <p>5. Utiliza un método de agregación por promedio.</p> <p>6. Utiliza un valor 0.</p> <p>7. Mezcla indicadores en diversos elementos evaluados y confunde al evaluador.</p>	<p>5. Detalla un protocolo para las distintas escalas de evaluación del ecosistema fluvial: cuenca, red hídrica, transecto o microhábitat.</p> <p>6. Proponen protocolos de aplicación en campo.</p>
--	--	---	---	---	---	--	--

<p><b>2. MQI</b></p> <p>Nombre: A method for the assessment and analysis of the hydromorphological condition of Italian streams: the Morphological Quality Index</p> <p>Autores: Rinaldi, M; Surian, N; Comiti, F; Bussettini.</p> <p>Lugar: Italy, Rome</p> <p>Año: 2013.</p>	<p>Europa, Roma</p> <p><i>Ecosistemas mediterráneos</i></p>	<p>1.GEOMORFOLOGÍA <i>Continuidad longitudinal y lateral</i></p> <p>2.MORFOLOGÍA <i>Patrón del canal, Configuración de la sección transversal, Vegetación del corredor ripario y Estructura del banco y el sustrato.</i></p> <p>3.ARTIFICIAL <i>Alteraciones en el cauce (río arriba-tramo) sustrato, continuidad longitudinal y lateral, morfología, intervención de mantenimiento y remoción</i></p> <p>4. CAMBIOS EN EL CANAL</p>	<p>1.1 Continuidad longitudinal en flujo de sedimentos 1.2 Presencia de llanura de inundación 1.3 Procesos de retiro bancario 1.4 Presencia de erosión de orillas 2.1 Formas y procesos del cauce 2.2 Presencia típica de formas fluviales 2.3 Variabilidad de sección transversal 2.4 Estructura del lecho del cauce 2.5 Presencia de madera 2.6 Vegetación en el corredor fluvial 2.7 Extensión lineal de vegetación 3.1 Descargas al río 3.2 Alteración de sedimentos 3.3 Barreras 3.4 Diques artificiales 3.5 Cambios artificiales del río</p>	<p>Los datos se recopilan a través de métodos cualitativos, observando las características de los componentes, estimación de porcentajes de presencia y afectación de impactos antrópicos</p>	<p>Las puntuaciones que se le asignan a cada atributo varían de 0 a 3, 0 a 6, 0 a 5 y 0 a 12. Con diversas escalas de desempeño por componente evaluado, de 3 a 4 escalas de desempeño.</p> <p>Los valores asignados en los rangos numéricos de cada elemento son:</p> <p>0 a .3 muy pobre o malo; 0.3 a 0.5 pobre; 0.5 a 0.7</p>	<p>1. Los elementos que evalúan el índice se mezclan entre componentes del ecosistema fluvial e impactos antrópicos que afectan al ecosistema fluvial. Lo que puede generar sobrevaloración de las afectaciones y cambios de los componentes del ecosistema fluvial</p> <p>2. Tienen diferentes escalas de desempeño para cada componente del ecosistema fluvial que evalúan, lo que puede llegar a confundir al evaluador en la agregación y evaluación del ecosistema fluvial.</p>	<p>1. Genera una diferenciación por tipos de cauces, y en cada uno evalúa los diversos atributos:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>a. Cauce semi no confinado</li> <li>b. Cauce confinado</li> </ul> <p>2. Define condiciones de referencia y descripción de los componentes que evalúa</p> <p>3. Se describen evaluaciones para diferentes escalas (cuencas, red hídrica, transecto).</p> <p>4. El protocolo de aplicación se enfoca en 3 fases: a. ajuste general (descripciones de unidades fisiográficas, confinamiento, morfología caudal); b: evaluación, c:</p>
--	---	--	--	---	---	--	--

			<p>3.6 Remoción de sedimento y madera</p> <p>3.7 Manejo de vegetación</p> <p>4.1 y 4.2 Cambio del patrón y ancho del cauce</p> <p>4.3 Cambio del nivel de camas de sedimentos</p>		<p>moderado; 0.7 a 0.85</p> <p>bueno; 0.85 a 1 muy bueno o alto.</p>		<p>monitoreo en transectos de 500 metros.</p> <p>5. Identifica alteraciones y cambios en las características naturales de los elementos evaluados del ecosistema fluvial.</p>
<p><b>3. EER</b></p> <p>Nombre: Guía para Evaluaciones Ecológicas Rápidas con indicadores biológicos en Ríos.</p> <p>Autor: Mafla Herrera, M.</p> <p>Lugar: Costa Rica</p> <p>Año: 2006</p>	<p>Talamanca, Costa Rica</p> <p>Ecosistema en zona intertropical americana.</p>	<p>Condición de la calidad de los hábitats de la corriente</p> <p>Combinación de dos metodologías:</p> <p>1. Biomonitoreo con macroinvertebrado</p> <p>2. Stream Visual Assessment Protocol Version 1</p>	<p>1. Los elementos evaluados son la comunidad de macroinvertebrados : se evalúa la sensibilidad de contaminación de las especies encontradas, y se determina si su presencia indica cierta condición de contaminación en el cauce.</p> <p>2. Evalúa los 16 atributos de la metodología SVAP.</p> <p>El propósito de usarlo es para</p>	<p>1. A partir de la identificación de los géneros de los macroinvertebrados , asignándoles un valor a cada uno por su sensibilidad en la contaminación del agua.</p>	<p>No se especifica una valoración que mezcle estas dos metodologías en un mismo resultado.</p> <p>Es donde se obtienen resultados de evaluación según la valoración que cada metodología trabaja y se</p>	<p>1. Imágenes de baja calidad para ejemplificar los elementos del índice.</p> <p>2. No se tiene una diferenciación de las diferentes zonas del ecosistema fluvial en el territorio.</p> <p>3. No se concilia una puntuación para determinar una valoración para determinar la condición ecológica del río por el uso de ambas metodologías.</p>	<p>1. Involucran dos metodologías para la evaluación del hábitat del cauce, intentando combinar la condición de la corriente con los indicadores biológicos y el hábitat.</p> <p>2. Se intenta generar una guía útil y didáctica de uso para determinar la condición ecológica de los ríos por medio de la evaluación de las características que brindan hábitat</p>

			comparar los resultados de la calidad de la corriente con los resultados de SVAP con la evaluación macroinvertebrado con la condición de los hábitats que brinda la corriente.	2. Se recopila por método cualitativo, observaciones y estimaciones.	interpreta sobre ellos.		del ecosistema fluvial.
<p><b>4. RQI,</b></p> <p>Nombre: River Quality Index</p> <p>Autores: González del Tanago,; García de Jalón</p> <p>Lugar: Europa</p> <p>Año: Versión 1 2006 Versión 2 2011</p>	<p>Elaborada bajo condiciones de zonas mediterráneas, sin embargo ha sido adecuada para su uso en zonas Tropicales como México, Colombia, Guatemala, Perú.</p>	<p>1. Dimensiones de terreno con vegetación ribereña</p> <p>2. Continuidad longitudinal, cubierta y patrón de distribución de la vegetación ribereña (vegetación arbórea).</p> <p>3. Composición y estructura de la veg. riparia</p> <p>4. Diversidad de edades y regeneración natural de la vegetación</p>	<p>1. Ancho de vegetación ribereña</p> <p>2. Longitud y porcentaje de cubierta de vegetación arbórea en el corredor</p> <p>3. Tipo de vegetación arbórea (nativas, exóticas, invasoras)</p> <p>4. Diversidad de edades, presencia e impactos de regeneración</p> <p>5. Contorno del banco de sedimentos, relación con el tipo de vegetación.</p>	<p>Se evalúan con observaciones y estimaciones de porcentajes de cobertura en anchura y largo de presencia en el corredor.</p> <p>Identificación y observación de</p>	<p>Tienen cinco escalas de desempeño por cada atributo evaluado. Contienen valores del 1 al 15 con estados de excelente (13, 14 o 15), bueno (10, 11 o 12), aceptable (7, 8 o 9), regular (4, 5 o 6) y malo (1, 2 o 3).</p>	<p>1. La identificación de especies ribereñas puede dificultarse si el evaluador no tiene conocimientos de botánica.</p> <p>2. La agregación por suma de valores no es estadísticamente correcto y puede sobre o subestimar el estado evaluado.</p> <p>3. Más de un valor asignado a cada escala de desempeño puede confundir al evaluador si no se</p>	<p>1. Toma en cuenta la continuidad y conectividad del atributo en el paisaje.</p> <p>2. En el protocolo toma en cuenta la elaboración de esquemas de perfiles transversales para ejemplificar las características del transecto evaluado.</p> <p>3. Contiene un esquema de evaluación con la identificación del cambio de las características del</p>

		5. Condiciones de las orillas 6. Inundaciones y conectividad lateral entre la ribera y el cauce 7. Sustrato y conectividad vertical	6. Tipos de impacto y restricciones en el cauce o el régimen de inundaciones 7. Composición de sustrato de la ribera e impactos en la permeabilidad del suelo	composición de especies de la vegetación ribereña.  Se hacen transectos de 300 m	Evaluación con agregación por suma de los valores de cada atributo y se establecen en un rango del 0 al 120 determinando su estado.	tienen conocimientos ecológicos sobre la vegetación ribereña para apoyar a discernir sobre cuál valor es mejor elegir para representar su estado.	atributo respecto a su estado de referencia.  4. Toman en cuenta la diferenciación de la forma de evaluar ciertos atributos por la tipificación de los valles confinados, semiconfinados y abiertos.
<b>5.QBR</b>  Índice de calidad ecológica de la zona ribereña  Autores: Munné, A; Prat, N; Sola, C; Bonada, N; Rieradevall, M.  Lugar: Barcelona España	Barcelona, España  Elaborado con base a condiciones de zonas mediterráneas en regiones europeas y estadounidense.  Utilizado y adaptado a zonas tropicales como México, Colombia, Perú.	1. Cubierta vegetal del total de la ribera 2. Estructura de la cubierta 3. Calidad de la cubierta 4. Alteraciones de los cauces	1. Conectividad transversal y longitudinal. 2. Estratos de la vegetación, tipo de distribución en el área evaluada. 3. Número de especies nativas, continuidad de la comunidad de árboles, presencia de estructuras humanas, presencia de malezas y especies no nativas, presencia de basura. 4. Modificaciones al cauce, terrazas	Método cualitativo por observación de características de los componentes.  Identificación de cambios, estimación de porcentajes de presencia y	Estima a partir de valores positivos y negativos. Generando un rango de 0 a 10 y 0 a -10.  La agregación de los valores es por suma o resta.  Las escalas de	1. Solo evalúa un componente del ecosistema fluvial: Ribera, lo que deja de lado los demás elementos que constituyen al ecosistema fluvial.  2. Las valoraciones restan y suman, y no van en una escala de desempeño uniforme.  3. La manera de agregación es por medio de sumatoria, método que no se	1. Tipifica el hábitat ribereño según: pendiente, forma de la zona riparia, presencia de una o varias islas en el río. Donde a cada una de estas le asigna un puntaje para generar un rango e identificar el tipo de bancos, conformado 3 tipos.  2. Se identifican los tipos de vegetación nativas de la zona para determinar con esto la valoración de

Año: 2004			fluviales, presencia de estructuras, canalización del río, estructuras en la cama del río.	modificaciones.	desempeño son Condición natural >95, buena calidad 75 – 90, calidad justa 55 – 70, pobre calidad 30 – 50 y mala calidad <25.	recomienda utilizar para valores cualitativos.	la condición de los atributos evaluados.  3. Asigna al valor del QBR un color para identificar su condición en el territorio bajo los diversos tipos de condición que representa cada tono de color.
<p><b>6. RARC</b> Rapid Appraisal of Riparian Condition (V2)</p> <p>Autores: Jansen, A; Robertson, A; Thompson, L; Wilson, A.</p> <p>Lugar: Australia</p> <p>Año: 2005</p>	<p>Usado y probado en ríos y arroyos de Australia.</p> <p>Es inútil en otras regiones, no ha sido explorado ni probado (Jansen <i>et al.</i> 2005).</p>	<p>1.Continuidad del hábitat y extensión (HABITAT) 2. Cubierta vegetal y complejidad estructural (COVER) 3. Dominancia de plantas nativas VS exóticas (NATIVES) 4. Árboles muertos, huecos, troncos y hojarasca (DEBRIS) 5. Características indicativos</p>	<p>Características sobre vegetación ribereña</p> <p>1.1 Continuidad longitudinal. 1.2 Ancho 1.3 Proximidad de parches. 2.1 Metros de la cubierta del dosel 2.2 Cobertura de sotobosque 2.3 Sustrato 2.4 Estratos 3.1 Cubierta nativa en árboles 3.2 Sotobosque 3.3 Herbáceas 4.1 % Hojarasca</p>	<p>Utiliza métodos cualitativos en estimar % de presencia, clases de abundancia, identificación de condiciones en la vegetación ribereña.</p>	<p>Cada componente tiene diversos rangos y escalas de desempeño</p> <p>1. 0 a 11 2. 0 a 12 3. 0 a 9 4. 0 a 10 5. 0 a 8</p> <p>Escalas de desempeño Muy pobre, pobre, justo, bueno y excelente.</p>	<p>1. RARC es diseñado para zonas ribereñas que son naturalmente dominados por árboles, con al menos 60% de cobertura del dosel.</p> <p>2. Es diseñado para zonas ribereñas de arroyos y ríos con una corriente permanente, en ocasiones puede adaptarse para corrientes temporales, pero no en lugares con poca</p>	<p>1. Indica la metodología de transectos transversales y longitudinales.</p> <p>2. Los transectos transversales se proponen con 10 m de ancho y 80 de largo.</p> <p>3. Corredor longitudinal entre 200 y 500 m.</p> <p>4. Indica cómo determinar el valor de la condición,</p>

		generales (FEATURES)	4.2 % Hojarasca nativa 4.3 Árboles muertos de pie 4.4 Huecos árboles 4.5 Troncos caídos 5.1 Regeneración con especies nativas 5.2 Regeneración de sotobosque 5.3 Largo de pasto nativo 5.4 Juncos y carrizos	Se evalúa en transectos entre 200 y 500 m.		agua para soportar la comunidad arbórea.  3. Está diseñada para evaluar una condición actual. Para áreas restauradas no indicara el potencial de recuperación de la función del ecosistema (Jansen <i>et al.</i> 2005).	asignando valores según el estado en que se encuentre (con porcentajes, longitudes, presencia-ausencia, tipo de distribución)
<b>7. USGS</b> Nombre: Characterizing Stream Habitat in the National Water-Quality Assessment Program Autores: Fitzpatrick, Waite, D'Arconte, Meador, Maupin, and Gurtz USA	USA Nation adecuada a ríos con vegetación presente en zonas mediterráneas templadas.  Para el manejo de recursos acuáticos en interés piscícolas.	-Curvas de meandro -Frecuencia de inundaciones -Patrón de vegetación -Área húmeda -Copa de árbol -% Dosel -% de herbáceas -Altura (m) -Sustrato -Estabilidad de orillas -Uso del terreno -Hábitats -Tipo de sustrato	Sin información específica.	Sin escalas, métodos para descripciones. Métodos cuantitativos, diversas métricas para caracterización de hábitats. Se evalúan transectos	Sin escalas de desempeño  Útil para descripción de componentes del ecosistema fluvial.	1. Metodología muy extensa, abundantes métricas.  2. Dificultad para manejadores de recursos naturales, no hay categorías, solo registro de datos.  3. Es descriptiva no evaluativa.	1. Describe los estados ecológicos de algunos atributos del ecosistema fluvial.  2. Caracteriza el territorio y factores sobre el hábitat que brinda la corriente.  3. Información útil para determinar el estado de referencia del cauce según la parte de la cuenca.

Año: 1991				de 100 a 300 m			
<p><b>8. National Inventory and Assessment procedure</b></p> <p>Inventario Nacional de barreras para organismo acuáticos</p> <p>Autores: USDA   Clarkin, K; Conner, A; Furniss, M. J; Gibernick, B; Love, M; Moynan, K; &amp; Wilson, S Lugar: USA Año: 2005</p>	<p>El inventario nacional fue elaborado para la región estadounidense, identificando zonas mediterráneas con climas templados.</p> <p>En ríos capaces de mantener comunidades de peces de interés alimenticio y ecológico.</p>	<p>1. Diversidad de especies 2. Barreras extendidas 3. Cantidad de hábitat 4. Calidad del hábitat</p>	<p>-Riesgo de inundación -Condición recurrente por las actividades humanas -Tipo, frecuencia y ubicación de construcciones consideradas como barreras -Probabilidad de que las construcciones puedan provocar un fracaso</p>	<p>Sin escalas de desempeño o.</p> <p>Evalúa basándose solo en dos opciones (si o no), incluyendo o escenarios de los componentes que involucra en su evaluación</p>	<p>No tiene escala de desempeño</p> <p>Útil para describir características del ecosistema fluvial</p>	<p>1. Necesidad de expertos en hidrología, organismos piscícolas, geomorfología y biología.</p> <p>2. La evaluación dicotómica, basándose solo en dos opciones (si o no). Impidiendo generar una escala de desempeño para una evaluación.</p> <p>3. Se enfoca en la integridad de la comunidad piscícola evaluando su hábitat e impactos directos que le afectan. No tanto en la composición de todo el ecosistema que la mantiene.</p>	<p>1. Identifica y sugiere alternativas de ingeniería para la construcción de estructuras para facilitar el paso de organismos acuáticos entre carreteras o puentes.</p> <p>2. Describe componentes del ecosistema fluvial que pueden propiciar un hábitat para organismos acuáticos enfocado principalmente en peces.</p>
<b>9. IHG</b>	Elaborado y aplicado en ríos		1.1 Naturalidad del régimen del caudal	Se utiliza método cualitativo	Por cada elemento se tiene escalas	1. No especifica porcentajes para estimar a cada	1. Aborda el concepto de naturalidad, o

<p>Índice hidro morfológico</p> <p>Autores: Ollero, A; Ballarín, D; Mora, D. Lugar: España Año: 2009</p>	<p>mediterráneos, zonas templadas.</p> <p>Experiencia en la cuenca del Ebro, España.</p>	<p>1. Calidad funcional del ecosistema 2. Calidad del cauce 3. Calidad de las riberas</p>	<p>1.2. Disponibilidad y movilidad de sedimentos 1.3. Funcionalidad de la llanura de inundación 2.1 Naturalidad de morfología en cauce 2.2 Continuidad y naturalidad de lecho 2.3 Naturalidad de los márgenes 3.1 Continuidad longitudinal 3.2 Anchura del corredor ribereño 3.3 Estructura y conectividad transversal</p>	<p>o por medio de observaciones, estimaciones, identificación de presencia y cualidades de los componentes del ecosistema fluvial</p>	<p>de en valores negativos excepto el escenario de estado de referencia con 10. Muy buena (75–90), buena (60–74), moderada (42–59), deficiente (21–41), mala (0 a 20).</p>	<p>atributo y sus componentes. Solo menciona una descripción de clases de abundancia, pero no rangos de presencia. 2. Se basa básicamente en ausencia y presencia de impactos. 3. La agregación es por suma de valores cualitativos. 4. Se desarrolla en zonas mediterráneas.</p>	<p>recuperación del ecosistema después de un impacto. 2. Es capaz de evaluar el ecosistema fluvial agregando resultados de los tres componentes, y a su vez evaluar a cada uno por separado. 3. Detalla los protocolos a seguir. 4. Identifica diversos impactos que afecta a cada componente. 5. Se detallan los protocolos a desarrollar para su aplicación.</p>
<p><b>10. BMWP CR y MX</b> Bioindicadores de calidad de agua con macroinvertebrados desarrollado en Costa Rica Autores: Vásquez, D; Springer, M;</p>	<p>Zonas intertropicales.</p> <p>Costa Rica en cuenca del Río Tempisque</p> <p>México en cuenca del río Apatlaco y Chalma-Tembembe.</p>	<p>Grupos de macroinvertebrados por familia, principalmente insectos acuáticos.</p>	<p>Sensibilidad de contaminación en sus hábitats acuáticos.</p> <p>Ubicación en tres tipos de hábitats acuáticos: lecho del cauce, hojarasca y orillas.</p>	<p>Se asignan puntajes a cada tipo de familia según su sensibilidad y presencia en los distintos tipos de</p>	<p>En el caso de CR se tienen puntajes asignados según las características de sus ríos.</p> <p>Para México se cambian algunos</p>	<p>1. Previo conocimiento o capacitación sobre la identificación de familias y muestreo de los organismos en campo. 2. Agregación de puntajes por suma. 3. La adaptación de CR a MX no</p>	<p>1. La guía ilustrada que tiene el BMWP facilita al evaluador identificar a las familias, aunque no tenga experiencia previa, aunque esto influya en los resultados. 2. El utilizar los bioindicadores para calidad de agua,</p>

<p>Castro, A; Kohlmann, B. Lugar: Costa Rica Año: 2010</p> <p><b>Adaptación de BMWP en México</b> Autores: Ruiz-Picos, R. A; Kohlmann, B; Sedeño-Díaz, J. E; &amp; López-López, E. Lugar: México Año: 2017</p>				<p>calidad del agua.</p> <p>Y la calidad del agua se calcula sumando las puntuaciones asignadas a las distintas familias identificadas.</p>	<p>puntajes de algunas familias para adaptarlo a las características del territorio.</p> <p>Las escalas de desempeño son: Excelente (&gt;120), Buena no contaminada (101–120), Regular contaminación moderada (61–100), Mala, contaminada (36–60), mala, muy contaminada (16–35) y Muy mala, extremadamente</p>	<p>contemplo la adaptación de las escalas de desempeño generales solo del cambio de valores de algunas familias, por lo que confunde si este se suma y se compara con las escalas de desempeño desarrolladas para CR.</p>	<p>permite identificar la calidad del agua a través del tiempo pasado, y no puntual a diferencia de los fisicoquímicos.</p> <p>3. Los materiales y métodos utilizados para el desarrollo de la metodología son accesibles a desarrollarse para manejadores de recursos naturales.</p>
--	--	--	--	---	---	---	---

					contaminada (<15)		
<p><b>11. IBI</b></p> <p>Índice de Integridad Biótica en ecosistemas acuáticos</p> <p>Autores: <b>Oberdoroff Hughes</b></p> <p>Lugar: Europa</p> <p>Año: 1992</p>	<p>España, zonas mediterráneas de clima templado.</p> <p>Adaptación y propuesta de IBI para USA.</p>	<p>1. Riqueza y composición de especies piscícolas</p> <p>2. Composición trófica</p> <p>3. Salud y abundancia del pez</p>	<p>1.1 Total de especie</p> <p>1.2 Especies de columna de agua</p> <p>1.3 Especies bentónicas</p> <p>1.4 Especies intolerantes</p> <p>1.5 Porcentaje de cucaracha acuática</p> <p>1.6 Edades</p> <p>2.1 % de omnívoros</p> <p>2.2 % insectívoros</p> <p>2.3% carnívoros</p> <p>3.1 % desovadores</p> <p>3.2 % con daños</p> <p>3.3 Captura por minuto</p>	<p>Metodología cuantitativa conteo de individuos y especies. Cualitativo estado de salud, especies.</p>	<p>Escalas de desempeño con valores del 1 al 5, conforme a las características encontradas y definidas en el inventario de especies y sus características.</p>	<p>1. Evalúa comunidad piscícola y no los componentes del ecosistema fluvial</p> <p>2. Toman en cuenta el hábitat como un componente del ecosistema, donde en el presente trabajo se toma como un servicio que se brinda gracias al excelente estado de la estructura de los elementos del ecosistema fluvial.</p>	<p>1. Evalúa la integridad del hábitat de organismos acuáticos</p> <p>2. Identifica elementos necesarios del ecosistema fluvial para brindar un hábitat adecuado</p> <p>3. Útil para investigar la integridad de la comunidad de peces si se tiene interés en fines productivos o conservación.</p>
<p><b>12. IVAM</b></p> <p>Nombre: Índice de vegetación acuática</p> <p>Autores: <b>Moreno, Navarro y Heras</b></p>	<p>En los ríos de Castilla – La Mancha.</p> <p>Zona mediterránea, desarrollado en Madrid con clima templado.</p>	<p>Calidad de la corriente.</p> <p>Vegetación acuática.</p>	<p>Se le asigna un valor de tolerancia a cada uno de los taxones presentes de vegetación acuática por grupos funcionales (algas, briofitos/musgo, pteridófitos/helechos y fanerógamas)</p>	<p>1. Análisis Químicos</p> <p>2. Identificación taxonómica de vegetación acuática</p> <p>3. Estimación</p>	<p>Con escalas de desempeño según tipo de vegetación acuática y abundancia.</p> <p>Agregación por suma</p>	<p>1. Los grupos funcionales que se utilizan para evaluar se basan en ecosistemas mediterráneos, dificultando su replicación en zonas tropicales.</p>	<p>1. Identifican grupos funcionales que indican la calidad del agua de la zona, y con ello se puede determinar la calidad de la corriente.</p> <p>2. Comparan los resultados con el índice de</p>

<p>Lugar: España</p> <p>Año: 2006</p>			<p>Abundancia de la presencia de vegetación acuática respecto a la lámina de agua evaluada.</p> <p>Los taxones se dividen por clase y con ello se relacionan con la calidad.</p>	<p>n de clases de cobertura en porcentaje : &lt;5, 5–50 y &gt;50.</p>	<p>según clases de vegetación y cobertura.</p> <p>Muy buena: &lt;30, buena 21–30, algo contaminada 13-20. Contaminada a 5–12 y muy contaminada &gt;12.</p>	<p>2. No se detectan grupos funcionales sobre especies de Lirios o Ninfas, así como algas y microalgas, las cuáles en la zona tropical fomenta la eutrofización.</p>	<p>macroinvertebrados y físico químicos.</p> <p>3. Los porcentajes de cubierta brindan una base para generar escalas de desempeño adecuadas a especies y características de vegetación acuática en la propuesta del presente trabajo.</p>
<p><b>13. WQM</b></p> <p>Nombre: Alabama Water Quality Monitoring</p> <p>Autor: Alabama Department of Environmental Management</p> <p>Lugar: Estados Unidos</p>	<p>Diseñado y utilizado en USA.</p> <p>Se ha promovido en diferentes partes de América, utilizándose los kits en cuencas de zonas mediterráneas y tropicales.</p>	<p>Parámetros físicoquímicos de la corriente</p>	<p>pH, dureza total, alcalinidad total, oxígeno disuelto y temperatura</p>	<p>Datos cuantitativos, se miden a través de soluciones que vienen señaladas en el Kit otorgado por WQM</p>	<p>Escalas de desempeño de alcalinidad total, dureza y oxígeno disuelto.</p> <p>Variando según sus parámetros, con calidad aceptable, media, excelente y muy mala.</p>	<p>1. Debido a los materiales que se utilizan no se toman todos los parámetros físicoquímicos, solo los 5 mencionados.</p> <p>2. Los datos de los físicoquímicos se toman en zonas puntuales de la corriente, y está influenciado por cambio e impactos que haya sufrido la corriente en corto plazo. Entonces no abarca impactos</p>	<p>1. Determinación de datos físicoquímicos de la corriente por medio de manejadores de recursos naturales</p> <p>2. Facilidad de la aplicación y determinación de los parámetros sin necesidad de laboratorios y gastos monetarios en ellos</p> <p>3. Visualización de la calidad general de la corriente</p>

Año: Sin información						anteriores o puede sobreestimar impactos extraordinarios ocurridos en el momento.	4. Solo tres parámetros son útiles para generar escalas de desempeño, y en ocasiones los rangos repiten cifras del paso de una escala a otra.
<b>14. ARA</b>  Nombre: Área Activa del Río. Trabajo de conservación para protección de ríos y corrientes Autores: Mark P. Smith (TNC), Roy Schiff (MMI), Arlene Olivero (TNC), and James MacBroom (MMI) Lugar:	Destinado a relieve con zonas planas o zonas bajas de una cuenca desarrollada en estados unidos, en donde se encuentran zonas templadas.	Procesos naturales y atributos clave  1.Regimen fluvial 2. Transporte de sedimentos 3. Procesos y transporte de materiales orgánicos 4. Conectividad de establecimiento 5. Mantenimiento calidad de agua 6. Regulación del régimen de inundación 7. Transporte de energía	Componentes del ARA para evaluar la condición de los atributos:  Meandros Zonas de inundación Terrazas Contribución de materiales Vegetación Acuática	Describe las características de los componentes del ecosistema fluvial para permitir describir el objeto de estudio en su dinámica, estructura y funcionalidad y a partir de ello tomar decisiones de manejo.	Sin escalas de desempeño ni asignación de valores de condición.  Métodos descriptivos.	1. Las descripciones de los componentes del ecosistema fluvial son principalmente para zonas planas o bajas de un territorio. 2. No se identifica un método para determinar o evaluar el transporte de energía en el río. 3. No hay escalas de desempeño para determinar la condición bajo diferentes características o perturbaciones de los componentes en diferentes partes de la cuenca. 4. La ubicación del ARA se hace a través del SIG, se	1. Se identifican cambios en los componentes por el cambio de características del territorio en que el ecosistema fluvial se encuentre.  2. Se describe un nuevo concepto que es el área activa del río, útil para determinar dimensiones del ecosistema fluvial en el territorio.  3. Tienen propuestas de manejo para cada componente de la zona activa del río  4. Hacen un análisis de SIG e identifican

Estados Unidos Año: 2009						recomienda que para evaluar su estado se haga al menos una visita a la zona de estudio	del ARA del territorio, lo cuál evita presentarse en campo
<b>15. SHS</b>  Nombre: Stream Habitat Survey  Autor: Georgia Adopt-a-Stream  Lugar: Georgia, Estados Unidos  Año: 2006	Georgia-USA.	1. Sustrato de la epifauna 2. Sedimentos depositados en el cauce 3. Tipos de corriente 4. Deposición de sedimentos 5. Estado de la corriente 6. Alteración del cauce / ribera. 7. Sinuosidad del canal 8. Estabilidad del banco 9. Protección de la vegetación 10. Zona de la vegetación riparia	1. Cantidad, variedad y calidad del lecho (vegetación, rocas, madera, raíces, detritos) etc. 2. Tipos de sustrato fondo del cauce, rocas y tipos de sedimentos. 3. Presencia y cantidad de pozas, rápidos y remanzos. 4. Bancos o islas de sedimentos. 5. Cantidad del agua. Cuanto sustrato del cauce está expuesto. 6. Se basa en la evidencia de alteraciones antrópicas de cauce. 7. Morfología del canal. 8. Potencial erosión e impactos.	Mediciones cualitativas que se basan en la observación de cambios y características de los componentes del ecosistema fluvial  Así como impactos y afectaciones antrópicas por estimación de presencia.	Se exponen la descripción de tres escenarios de estados ecológicos de cada componente, con valores del 10 al 0 donde Excelente es equivalente a 10 y así desciende hasta pobre con valor 0.  Agregación por sumatoria de valores. Donde Excelente (69-90), Bueno (46-	1. No diferencia las condiciones de los componentes bajo la influencia de los cambios de las zonas alta, media y baja. 2. Mezcla la condición de los componentes del ecosistema con las alteraciones humanas como elementos del ecosistema fluvial. 3. El apartado de "Visual Biological Survey" no contiene escalas de desempeño, solo es descriptivo y diferencia diversas situaciones. 4. La agregación es por suma de valores estimados de cada componente.	1. Ejemplos de componentes del ecosistema fluvial  2. Tiene ilustraciones que ejemplifican lo que se vería en el paisaje con cada uno de los componentes del ecosistema fluvial y como estos cambian según su escala de estado ecológico.  3. Presenta una guía para el evaluador con apartados sobre que mirar, porque es importante, como se debe puntuar el parámetro y la definición de los términos para cada uno de los componentes del ecosistema fluvial.

			9. Variedad de la vegetación. 10. Conectividad transversal de las riberas al cauce.		68), Justo (23–45) y Pobre (0–22).	5. Se tiene un amplio rango de valores libres a elegir por el evaluador, lo que podría provocar confusión en elección de estado.	4. Tiene un apartado de “Visual Biological Survey” que identifica y describe componentes descriptivos adicionales de los involucrados en la escala de desempeño.
<p><b>16. EIR</b></p> <p>Nombre: Evaluación de la integridad de los ríos</p> <p>Autores: <b>Young y Sanzone</b></p> <p>Año: 2002</p>	Sin especificar	<p>1. Aspectos Sociales y económicos</p> <p>2. Integridad biótica</p> <p>3. Características fisicoquímicas</p> <p>4. Procesos Ecológicos</p> <p>5. Condición del paisaje</p> <p>6. Hidrología y Geomorfología</p> <p>7. Regímenes de perturbación natural</p>	<p>1. Percepción, apropiación, educación, capacitación y usos</p> <p>2. Ecosistemas y comunidades, tipos de especies, poblaciones, y su condición.</p> <p>3. Concentración de nutrientes y químicos.</p> <p>4. Flujo de energía, transporte y reciclaje de materia.</p> <p>5. Extensión y tipos de hábitat, composición del paisaje, patrones y estructura.</p> <p>6. Flujos superficiales, morfología,</p>	Método teórico para describir las características y dinámicas presentes en los ecosistemas fluviales.	<p>Descriptiva</p> <p>Es una propuesta de elementos que debe contener para identificar la integridad del ecosistema fluvial.</p>	<p>1. No hay rangos o escalas de desempeño para evaluar integridad de ríos.</p>	<p>1. Descripción de la dinámica y composición de los elementos presentes en el ecosistema fluvial.</p> <p>2. Información de componentes del ecosistema fluvial útil para integrarlos en un esquema de PC&amp;I.</p>

			complejidad, plano de inundación, tipos de corriente. 7. Frecuencia de intensidad, extensión y duración por tipo de perturbaciones.				
<b>17. EVQ</b>							
<p>Nombre: Protocolo de evaluación visual de quebradas</p> <p>Autores: Rodríguez Ortiz, N M; Ramírez, A C. tesis doctoral</p> <p>Lugar: Adaptación de Hawaii a Puerto Rico</p> <p>Año: 2014</p>	<p>Se diseñó y aplicó en islas que se encuentran en la franja intertropical americana.</p> <p>Diseñada en Hawaii y adaptada para Puerto Rico.</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Turbidez</li> <li>2. Crecimiento de algas sumergidas</li> <li>3. Condición del canal</li> <li>4. Flujo del canal</li> <li>5. Encrustamiento de bancos</li> <li>6. Estabilidad de bancos</li> <li>7. Dosel/Sombra</li> <li>8. Condición de zona ribereña</li> <li>9. Disponibilidad de hábitats de especies nativas</li> <li>10. Presencia de basura como indicador de influencia humana o urbana</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Indicador de erosión presente, claridad de agua y visualización de lecho del cauce</li> <li>2. Indicador de eutrofización, color de agua y presencia de algas</li> <li>3. Morfología y modificaciones</li> <li>4. Alteraciones antrópicas y usos</li> <li>5. Altura de sedimentos</li> <li>6. Exposición o erosionables</li> <li>7. % cubierta</li> <li>8. Ancho y distribución</li> <li>9. Tipo de corriente</li> <li>10. Tipo de basura</li> </ol>	<p>Método cualitativo o observación de características de los componentes del ecosistema fluvial y estimación de porcentajes, frecuencia y afectación de impactos antrópicos</p>	<p>Asignación de puntajes a cada escala de desempeño.</p> <p>Las escalas de desempeño varían por cada componente y se distribuyen en valores del 0 al 2.</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Las escalas de desempeño por cada componente varían y se tienen diferentes puntuaciones para valorar el estado ecológico de cada componente.</li> <li>2. En los componentes evaluados, se mezclan los impactos antrópicos y en otros como la presencia de basura se evalúa por separado como si fuera un elemento del ecosistema fluvial.</li> <li>3. Agregación por suma de valores.</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Se identifican diversos componentes del ecosistema fluvial e impactos antrópicos.</li> <li>2. Se desarrolló en la zona intertropical americana.</li> <li>3. Es accesible a manejadores de recursos naturales.</li> <li>4. Protocolo de campo y evaluación.</li> </ol>

ANEXO 2. Matriz de evaluación de los atributos del estado ecológico del ecosistema fluvial de 14 transectos

EVALUACIÓN DE LA ZONA ALTA DE LA MICROCUENCA EL TABLÓN																									
Principios	Atributos e Indicadores de desempeño	ZAR						ZA1						ZA2						ZA3					
		INDICADOR		ATRIBUTO		PRINCIPIO		TRANSECTO		INDICADOR		ATRIBUTO		PRINCIPIO		TRANSECTO		INDICADOR		ATRIBUTO		PRINCIPIO		TRANSECTO	
CAUCE	I. Morfología en plano y transversal	Escala	M	P	M	P	M	P	Escala	M	P	M	P	M	P	Escala	M	P	M	P	M	P	M	P	
	1. Cambios en características morfológicas naturales	5					5	3	5							4					4			3	1
	2. Tipo y presencia de impactos antrópicos	5	5	5					4	4	4					4	4	4			4	4			
	II. Bancos de sedimentos en el cauce	Escala	M	P					Escala	M	P					Escala	M	P			Escala	M	P		
	3. Presencia de bancos de sedimentos	5							4							5					4				
	4. Presencia de vegetación en los bancos	N.A.	5	5					3	4	3					N.A.	5	5			3	4	3		
	5. Tipo y presencia de impactos antrópicos	5							5							5					4				
	III. Conectividad longitudinal, transversal y vertical	Escala	M	P					Escala	M	P					Escala	M	P			Escala	M	P		
	6. Tipo de barreras en la superficie del cauce	5	5	5					5	5	5					4	4	4			3	3	3		
	7. Presencia de barreras en la superficie del cauce	5							5							4	4	4			4				
	IV. Lecho del cauce (estructura y composición)	Escala	M	P					Escala	M	P					Escala	M	P			Escala	M	P		
	8. Composición de sustrato en el lecho	5							5							4					4				
	9. Presencia de materia orgánica, troncos y hojarasca	5	5	5					5	5	5					3	3	3			2	4	2		
10. Presencia de impactos antrópicos en el lecho	5							5							3					4					
V. Estabilidad de las orillas	Izq	Der	M	P				Izq	Der	M	P				Izq	Der	M	P		Izq	Der	M	P		
11. Presencia de vegetación y materia orgánica	5	5						4	4						3	2				2	2				
12. Estado de erosión y compactación	5	5						3	4	4	3				3	3	3	2		3	3	3	2		
13. Presencia de impactos antrópicos que afecta orilla	5	5						3	4						3	2				4	4				
CORRIENTE	VI. Diversidad y configuración de la corriente	Escala	M	P	M	P			Escala	M	P	M	P			Escala	M	P	M	P	Escala	M	P	M	P
	14. Configuración de corriente	5			4	3			5			4	3			4			4	3	3			3	2
	15. Tipos de impactos que afectan la configuración	5	5	5					4	4	4					4	4	4			4	4	3		
	16. Presencia de impactos que afectan la configuración	5							4							4					4				
	VII. Calidad de agua	Escala	M	P					Escala	M	P					Escala	M	P			Escala	M	P		
	17. Color del agua y cambios de su estado natural	5							5							5					5				
	18. Olor del agua y cambios de su estado natural	5							5							5					4				
	19. Abundancia y tipo de vertimientos en la corriente	5							5							5					3				
	20. Abundancia y tipo de basura en la corriente	5							5							4	5	3			4				
	21. Bioindicadores de contaminación   Macroinvertebrado	3*	4	3					3	4	3					3					2	4	2		
	22. Físico-químicos   Alcalinidad	5							5							5					5				
	23. Físico-químico   Dureza	4							4							4					4				
	24. Físico-químico   Oxígeno Disuelto	3							4							3					3				
VIII. Eutrofización (enriquecimiento de nutrientes)	Escala	M	P					Escala	M	P					Escala	M	P			Escala	M	P			
25. Presencia de algas en la corriente	5							5							5					3					
26. Presencia de plantas acuáticas nativas vs exóticas	5							5							5					4					
27. Tipo y presencia de vertimientos en la corriente	5	5	5					5	4	4					5	5	4			3	3	3			
28. Tipo y presencia de desechos sólidos	5							4							4					4					
IX. Cantidad de agua	Escala	M	P					Escala	M	P					Escala	M	P			Escala	M	P			
29. Cambios y presencia de lámina de agua en el cauce	5							5							5					5					
30. Tipos de impactos antrópicos que afectan la cantidad	5	5	5					3	4	3					4	4	4			5	5	5			
31. Presencia de impactos antrópicos	5							4							4					5					
X. Régimen de inundaciones	Escala	M	P					Escala	M	P					Escala	M	P			Escala	M	P			
32. Frecuencia de inundaciones en la zona del transecto	4							4							4					4					
33. Tipos y presencia de impactos antrópicos	5	4	4					4	4	4					5	4	4			5	4	4			

		INDICADOR						ATRIBUTO						PRINCIPIO											
		Izq	Der	M	P	M	P	Izq	Der	M	P	M	P	Izq	Der	M	P	M	P						
RIBERA	XI. Llanura de inundación y sustrato de la ribera (estructura y funcionalidad)	Izq	Der	M	P	M	P	Izq	Der	M	P	M	P	Izq	Der	M	P	M	P	Izq	Der	M	P	M	P
	34. Tipos y presencia de restricciones de la conectividad	5	5	5	5	4	4	5	5	5	5	4	2	5	5	5	3	2	2	4	4	4	1	2	1
	35. Distancia de las restricciones	5	5					5	5					5	5					1	1				
	36. Profundización del cauce y elevación de las orillas	5	5					5	5					5	5					5	5				
	XII. Sustrato de la ribera (estructura y composición)	Izq	Der	M	P			Izq	Der	M	P			Izq	Der	M	P			Izq	Der	M	P		
	37. Presencia de impacto por remoción de sustrato de ribera	5	5	5	5			4	4	4	4			3	3	3	3			4	5	4	3		
	38. Presencia de impacto por desechos	5	5					5	5					4	4					4	3				
	39. Presencia de impacto por compactación o revestimiento	5	5					4	4					3	3					4	3				
	XIII. Continuidad transversal de vegetación ribereña	Izq	Der	M	P			Izq	Der	M	P			Izq	Der	M	P			Izq	Der	M	P		
	40. Ancho promedio de la vegetación ribereña	5	5	4	4			3	4	4	2			3	2	2	2			2	2	2	2		
	41. Tipos y presencia de impactos antrópicos	4	5					2	4					3	2					2	2				
	XIV. Continuidad longitudinal y cubierta de la ribera	Izq	Der	M	P			Izq	Der	M	P			Izq	Der	M	P			Izq	Der	M	P		
	42. Tipo y porcentaje de cubierta de vegetación ribereña	4	5	4	4			3	4	4	2			2	2	2	2			1	1	1	1		
	43. Fragmentación de vegetación del corredor ribereño	4	5					2	4					3	3					2	1				
	44. Tipos y presencia de impactos que propician fragmentación	4	5					3	4					3	2					2	2				
	XV. Composición y estructura de la vegetación ribereña	Izq	Der	M	P			Izq	Der	M	P			Izq	Der	M	P			Izq	Der	M	P		
	45. Composición de especies nativas vs exóticas	4	5	4	4			3	5	4	3			3	3	2	2			2	2	2	1		
	46. Salud de la población arbórea nativa	5	5					5	5					3	2					2	2				
	47. Abundancia de especies invasoras	4	5					3	4					3	2					2	2				
	48. Abundancia de vegetación secundaria o ruderal	4	4					3	4					2	2					2	1				
	XVI. Diversidad de edades y regeneración natural en vegetación ribereña	Izq	Der	M	P			Izq	Der	M	P			Izq	Der	M	P			Izq	Der	M	P		
	49. Composición y presencia de edades en vegetación ribereña	5	5	5	5			5	5	4	3			4	3	3	2			4	3	2	2		
	50. Presencia de regeneración y ubicación en vegetación ribereña	5	5					3	5					3	2					2	2				
	51. Presencia y tipos de impactos que afectan regeneración	5	5					3	4					3	2					2	2				

EVALUACIÓN DE LA ZONA MEDIA DE LA MICROCUENCA EL TABLÓN																																
Principios	Atributos e Indicadores de desempeño	ZMR				ZM4				ZM5				ZM6																		
		INDICADOR	ATRIBUTO	PRINCIPIO	TRANSECTO	INDICADOR	ATRIBUTO	PRINCIPIO	TRANSECTO	INDICADOR	ATRIBUTO	PRINCIPIO	TRANSECTO	INDICADOR	ATRIBUTO	PRINCIPIO	TRANSECTO															
CAUCE	I. Morfología en plano y transversal	Escala	M	P	M	P	M	P	Escala	M	P	M	P	M	P	M	P	Escala	M	P	M	P	M	P								
	1. Cambios en características morfológicas naturales	5					4	3	4					3	2	5					3	2	5						2	1		
	2. Tipo y presencia de impactos antrópicos	5	5	5					4	4	4						5	5	5						4	4	4					
	II. Bancos de sedimentos en el cauce	Escala	M	P					Escala	M	P						Escala	M	P						Escala	M	P					
	3. Presencia de bancos de sedimentos	3							4								3								4							
	4. Presencia de vegetación en los bancos	4	4	3					3	3	3						3	3	3						3	4	3					
	5. Tipo y presencia de impactos antrópicos	4							3								4								4							
	III. Conectividad longitudinal, transversal y vertical	Escala	M	P					Escala	M	P						Escala	M	P						Escala	M	P					
	6. Tipo de barreras en la superficie del cauce	5							5								5								5							
	7. Presencia de barreras en la superficie del cauce	5	5	5			4	3	5	5	5			4	3	5	5	5			3	2	5	5	5			3	2			
	IV. Lecho del cauce (estructura y composición)	Escala	M	P					Escala	M	P					Escala	M	P						Escala	M	P						
	8. Composición de sustrato en el lecho	5							4								5								4							
	9. Presencia de materia orgánica, troncos y hojarasca	4	4	4					3	4	3						3	4	3						2	3	2					
10. Presencia de impactos antrópicos en el lecho	5							3								4								3								
V. Estabilidad de las orillas	Izq	Der	M	P				Izq	Der	M	P				Izq	Der	M	P					Izq	Der	M	P						
11. Presencia de vegetación y materia orgánica	5	5						4	3						3	2							3	2								
12. Estado de erosión y compactación	4	5	4	4				3	3	3	3			4	3	3	2					3	3	3	2							
13. Presencia de impactos antrópicos que afecta orilla	4	5						4	3					4	3							3	2									

		INDICADOR	ATRIBUTO		PRINCIPIO					INDICADOR	ATRIBUTO		PRINCIPIO					INDICADOR	ATRIBUTO		PRINCIPIO					
CORRIENTE	<b>VI. Diversidad y configuración de la corriente</b>	Escala	M	P	M	P				Escala	M	P	M	P				Escala	M	P	M	P				
	14. Configuración de corriente	5			4	3				4			4	3				5			4	3				
	15. Tipos de impactos que afectan la configuración	5	5	5						4	4		4					5	5	5						
	16. Presencia de impactos que afectan la configuración	5								4			4					5			4	4				
	<b>VII. Calidad de agua</b>	Escala	M	P						Escala	M	P						Escala	M	P						
	17. Color del agua y cambios de su estado natural	5								5			5					5			4	2				
	18. Olor del agua y cambios de su estado natural	5								4			5					4			4					
	19. Abundancia y tipo de vertimientos en la corriente	5								3			4					5			5					
	20. Abundancia y tipo de basura en la corriente	5								4			3					5			5					
	21. Bioindicadores de contaminación   Macroinvertebrado	3	4	3						3	3		3	3				3	3		2					
	22. Físico-químicos   Alcalinidad	4								4			4					4			4					
	23. Físico-químico   Dureza	5								5			5					5			5					
	24. Físico-químico   Oxígeno Disuelto	3								3			3					3			3					
	<b>VIII. Eutrofización (enriquecimiento de nutrientes)</b>	Escala	M	P						Escala	M	P						Escala	M	P						
	25. Presencia de algas en la corriente	5								4			5					5			5					
	26. Presencia de plantas acuáticas nativas vs exóticas	5								5			4	3				4			5	4	4			
	27. Tipo y presencia de vertimientos en la corriente	5								3			4					4			5					
	28. Tipo y presencia de desechos sólidos	5								4			4					4			4					
	<b>IX. Cantidad de agua</b>	Escala	M	P						Escala	M	P						Escala	M	P						
	29. Cambios y presencia de lámina de agua en el cauce	5								5			5					5			5					
	30. Tipos de impactos antrópicos que afectan la cantidad	4	4	4						4	4	4	4	4				4	4	4	4	4	4			
	31. Presencia de impactos antrópicos	4								4			4					4			4					
	<b>X. Régimen de inundaciones</b>	Escala	M	P						Escala	M	P						Escala	M	P						
	32. Frecuencia de inundaciones en la zona del transecto	4								4			4					4			4					
	33. Tipos y presencia de impactos antrópicos	5								5			4	4				5			4	4				
			INDICADOR	ATRIBUTO		PRINCIPIO					INDICADOR	ATRIBUTO		PRINCIPIO					INDICADOR	ATRIBUTO		PRINCIPIO				
	RIBERA	<b>XI. Llanura de inundación (conectividad transversal)</b>	Izq	Der	M	P	M	P										Izq	Der	M	P	M	P			
		34. Tipos y presencia de restricciones de la conectividad	5	5			4	3											5	5			2	1		
		35. Distancia de las restricciones	5	5	5	5					5	4	4	4					5	4						
		36. Profundización del cauce y elevación de las orillas	5	5							5	5							5	5	5	5				
		<b>XII. Sustrato de la ribera (estructura y composición)</b>	Izq	Der	M	P					Izq	Der	M	P					Izq	Der	M	P				
		37. Presencia de impacto por remoción de sustrato de ribera	5	5							4	3							5	3						
		38. Presencia de impacto por desechos	5	5	4	4					5	4	4	3					5	4	4	3				
39. Presencia de impacto por compactación o revestimiento		4	5							4	3							4	3							
<b>XIII. Continuidad transversal de vegetación ribereña</b>		Izq	Der	M	P					Izq	Der	M	P					Izq	Der	M	P					
40. Ancho promedio de la vegetación ribereña		4	3	4	3					3	2	3	2					2	1	2	1					
41. Tipos y presencia de impactos antrópicos		4	5	4	3					3	2							2	3	3	2					
<b>XIV. Continuidad longitudinal y cubierta de la ribera</b>		Izq	Der	M	P					Izq	Der	M	P					Izq	Der	M	P					
42. Tipo y porcentaje de cubierta de vegetación ribereña		5	5							3	2							2	3							
43. Fragmentación de vegetación del corredor ribereño		4	4	4	4					3	4	3	2					3	4	3	2					
44. Tipos y presencia de impactos que propician fragmentación		4	5							4	3							3	3							
<b>XV. Composición y estructura de la vegetación ribereña</b>		Izq	Der	M	P					Izq	Der	M	P					Izq	Der	M	P					
45. Composición de especies nativas vs exóticas		4	5							4	3							4	3							
46. Salud de la población arbórea nativa		5	5							4	4							5	5	3	2					
47. Abundancia de especies invasoras		4	4	4	4					3	3							4	3		3	2				
48. Abundancia de vegetación secundaria o ruderal		4	4							3	2							3	2		2	1				
<b>XVI. Diversidad de edades y regeneración natural en vegetación ribereña</b>		Izq	Der	M	P					Izq	Der	M	P					Izq	Der	M	P					
49. Composición y presencia de edades en vegetación ribereña	5	5							4	3							4	3								
50. Presencia de regeneración y ubicación en vegetación ribereña	4	4	4	4					4	3	3	2					3	3	3	2						
51. Presencia y tipos de impactos que afectan regeneración	5	5							3	2							3	2		2	2					

EVALUACIÓN DE LA ZONA BAJA DE LA MICROCUENCA EL TABLÓN																												
Principios	Atributos e Indicadores de desempeño	ZB1						ZB2						ZBR														
		INDICADOR	ATRIBUTO		PRINCIPIO		TRANSECTO		INDICADOR	ATRIBUTO		PRINCIPIO		TRANSECTO		INDICADOR	ATRIBUTO		PRINCIPIO		TRANSECTO							
CAUCE	<b>I. Morfología en plano y transversal</b>	Escala	M	P	M	P	M	P	Escala	M	P	M	P	M	P	Escala	M	P	M	P	M	P						
	1. Cambios en características morfológicas naturales	5	5	5	4	2	2	2	3	3	3	2	2	2	2	5	4	4	4	3	4	2						
	2. Tipo y presencia de impactos antrópicos	5									3											4						
	<b>II. Bancos de sedimentos en el cauce</b>	Escala	M	P							Escala			M	P							Escala	M	P				
	3. Presencia de bancos de sedimentos	5									4											5						
	4. Presencia de vegetación en los bancos	3	4	3							2			2	2							3	4	3				
	5. Tipo y presencia de impactos antrópicos	4									2											4						
	<b>III. Conectividad longitudinal, transversal y vertical</b>	Escala	M	P							Escala			M	P							Escala	M	P				
	6. Tipo de barreras en la superficie del cauce	5	5	5							5			5	5							5	5	4				
	7. Presencia de barreras en la superficie del cauce	5									5											5						
	<b>IV. Lecho del cauce (estructura y composición)</b>	Escala	M	P							Escala			M	P							Escala	M	P				
	8. Composición de sustrato en el lecho	4									3											5						
	9. Presencia de materia orgánica, troncos y hojarasca	2	4	2							2			3	2							4	4	4				
10. Presencia de impactos antrópicos en el lecho	4									3											4							
<b>V. Estabilidad de las orillas</b>	Izq	Der	M	P				Izq	Der	M	P				Izq	Der	M	P										
11. Presencia de vegetación y materia orgánica	4	3						2	2						5	5												
12. Estado de erosión y compactación	3	2	3	2				2	3	2	2				4	5	4	4										
13. Presencia de impactos antrópicos que afecta orilla	3	3						2	2						4	5												
		INDICADOR	ATRIBUTO		PRINCIPIO				INDICADOR	ATRIBUTO		PRINCIPIO				INDICADOR	ATRIBUTO		PRINCIPIO									
CORRIENTE	<b>VI. Diversidad y configuración de la corriente</b>	Escala	M	P	M	P			Escala	M	P	M	P			Escala	M	P	M	P								
	14. Configuración de corriente	4			4	2			4			4	3			4			4	2								
	15. Tipos de impactos que afectan la configuración	5	4	4					3	3	3					5	4	4										
	16. Presencia de impactos que afectan la configuración	5							3							5												
	<b>VII. Calidad de agua</b>	Escala	M	P					Escala	M	P					Escala	M	P										
	17. Color del agua y cambios de su estado natural	4							4							5												
	18. Olor del agua y cambios de su estado natural	4							5							5												
	19. Abundancia y tipo de vertimientos en la corriente	4							5							5												
	20. Abundancia y tipo de basura en la corriente	4	4	2					3	4	3					5	4	2										
	21. Bioindicadores de contaminación   Macroinvertebrado	2							4							2												
	22. Fisico-químicos   Alcalinidad	4							4							4												
	23. Fisico-químico   Dureza	5							5							5												
	24. Fisico-químico   Oxígeno Disuelto	3							3							3												
<b>VIII. Eutrofización (enriquecimiento de nutrientes)</b>	Escala	M	P					Escala	M	P					Escala	M	P											
25. Presencia de algas en la corriente	5							4							5													
26. Presencia de plantas acuáticas nativas vs exóticas	4	4	4					3	4	3					5	5	5											
27. Tipo y presencia de vertimientos en la corriente	4							5							5													
28. Tipo y presencia de desechos sólidos	4							4							5													
<b>IX. Cantidad de agua</b>	Escala	M	P					Escala	M	P					Escala	M	P											
29. Cambios y presencia de lámina de agua en el cauce	5							5							5													
30. Tipos de impactos antrópicos que afectan la cantidad	4	4	4					4	4	4					5	5	5											
31. Presencia de impactos antrópicos	4							4							5													
<b>X. Régimen de inundaciones</b>	Escala	M	P					Escala	M	P					Escala	M	P											
32. Frecuencia de inundaciones en la zona del transecto	4	4	4					4	4	4					4	4	4											
33. Tipos y presencia de impactos antrópicos	5							5							5													

		INDICADOR		ATRIBUTO		PRINCIPIO				INDICADOR		ATRIBUTO		PRINCIPIO				INDICADOR		ATRIBUTO		PRINCIPIO				
RIBERA	XI. Llanura de inundación y sustrato de la ribera (estructura y función)	Izq	Der	M	P	M	P			Izq	Der	M	P	M	P			Izq	Der	M	P	M	P			
		34. Tipos y presencia de restricciones de la conectividad	4	5			2	2			4	5			2	2			5	5			4	4		
		35. Distancia de las restricciones	4	5	4	4					5	5	4	4					5	5	5	5				
		36. Profundización del cauce y elevación de las orillas	5	5							5	5							5	5						
		XII. Sustrato de la ribera (estructura y composición)	Izq	Der	M	P					Izq	Der	M	P					Izq	Der	M	P				
		37. Presencia de impacto por remoción de sustrato de ribera	3	4							3	2							4	5						
		38. Presencia de impacto por desechos	4	5	4	3					4	4	4	2					5	5	4	4				
		39. Presencia de impacto por compactación o revestimiento	4	3							3	4							4	5						
		XIII. Continuidad transversal de vegetación ribereña	Izq	Der	M	P					Izq	Der	M	P					Izq	Der	M	P				
		40. Ancho promedio de la vegetación ribereña	2	1	2	2					3	2	2	2					5	4	4	4				
		41. Tipos y presencia de impactos antrópicos	2	3							3	2							5	5						
		XIV. Continuidad longitudinal y cubierta de la ribera	Izq	Der	M	P					Izq	Der	M	P					Izq	Der	M	P				
		42. Tipo y porcentaje de cubierta de vegetación ribereña	2	3							3	2							5	4						
		43. Fragmentación de vegetación del corredor ribereño	3	4	3	2					4	3	3	2					5	5	4	4				
		44. Tipos y presencia de impactos que propician fragmentación	3	3							3	2							5	5						
		XV. Composición y estructura de la vegetación ribereña	Izq	Der	M	P					Izq	Der	M	P					Izq	Der	M	P				
	45. Composición de especies nativas vs exóticas	3	4							4	4							4	5							
	46. Salud de la población arbórea nativa	4	3	2	2					4	3							5	5	4	4					
	47. Abundancia de especies invasoras	3	2							4	4	4	2					4	4							
	48. Abundancia de vegetación secundaria o ruderal	2	2							2	2							4	5							
	XVI. Diversidad de edades y regeneración natural en vegetación ribereña	Izq	Der	M	P					Izq	Der	M	P					Izq	Der	M	P					
	49. Composición y presencia de edades en vegetación ribereña	3	3							4	3							5	4							
	50. Presencia de regeneración y ubicación en vegetación ribereña	3	2	3	2					3	3	3	2					4	4	4	4					
	51. Presencia y tipos de impactos que afectan regeneración	3	2							3	2							4	4							

### ANEXO 3. Listado de especies arbóreas y arbustivas de riberas derechas e izquierdas de los transectos del ecosistema fluvial El Tablón

Identificación a través de recorrido en campo y consultas bibliográficas: Naturalista, CONABIO; técnico botánico de Conanp La Sepultura: Daniel Gómez Casillas; Inventario florístico, sinecología y aspectos fitogeográficos de la Reserva de la Biosfera La Sepultura, Sierra Madre de Chiapas Alberto Reyes-García, Mario Sousa S. y María Esther León-Velasco.

CA: Clase de Abundancia donde: D: Dominante, A: Abundante, F: Frecuente, E: Escaso y O: Ocasional (García Jalón; González del Tánago 2011).

#### ZAR:

N.	Izquierda				USO	Derecha			
	Árboles	Nombre Común	CA	Estado		Árboles	Nombre Común	CA	Estado
1	<i>Inga punctata</i>	Acotope	D	VS   AP	Agrofor., orn.	<i>Inga punctata</i>	Acotope	D	VS   AP
2	<i>Liquidambar styraciflua</i>	Estorasque, Toschui	F	Nativa	Incienso	<i>Liquidambar styraciflua</i>	Estorasque, Toschui	F	Nativa
3	<i>Guarea glabra</i>   <i>sin: excelsa Kunt</i>	Tropillo/ Cedrillo	O	Nativa (500m)	Forestal	<i>Quercus sp1.</i>		E	Nativa
4	<i>Acalypha sp.   multicaulis</i>		F	SI	Madera	<i>Guarea glabra</i>   <i>sin: excelsa Kunt</i>	Tropillo/ Cedrillo	O	Nativa (500m)
5	<i>Ficus aurea</i>	Matapalo	O	Nativa		<i>Acalypha sp.   multicaulis</i>		F	SI
6	<i>Inga vera</i>		F	Común en ríos		<i>Quercus sp2.</i>		D	SI
7	<i>Inga oerstediana</i>		F	VS   AP		<i>Ficus aurea</i>	Matapalo	O	Nativa
8	<i>Brosimum alicastrum</i>	Ramón	E	Nativa		<i>Inga vera</i>		F	Común en ríos
9	<i>Sp1</i>		O	SI	Favorece regeneración	<i>Brosimum alicastrum</i>	Ramón	E	VS   AP
10	<i>Cecropia obtusifolia</i>	Guarumo	O	Silvestre   Nativa		<i>Sp1</i>		O	SI
11	<i>Diphysa americana</i>	Guachipilin	O	Nativa   Regeneración	Veg. Secundaria	<i>Cedrela odorata</i>		E	Nativa   Regeneración
12	<i>Cedrela odorata</i>		E	Originario AC, presente	Veg. Secundaria	<i>Quercus sp3.</i>		O	Originario AC, presente
13	<i>Sapindus saponaria</i>	Amole	O	Nativo	Varios	<i>Cyathea sp1.</i>	Helecho arboreo	O	SI

Izquierda					Derecha					
N.	Arbustos	Nombre Común	CA	Estado	N.	Arbustos	Nombre Común	CA	Estado	Info Extra
1	<i>Pteridium sp2</i>	Helecho	E	SI	1	<i>Sp5</i>		O	SI	
2	<i>Arundo donax</i>	Caña de cristo	D	Invasora / Introd	2	<i>Pteridium sp2</i>	Helecho	E	SI	
3	<i>Chamaedorea tepejilote</i>	Palma tepejilote / palma	F	SI	3	<i>Arundo donax</i>	Caña de cristo	D	Invasora / Introd	Inflamable y competitiva
4	<i>Chamaedorea elegans</i>	Palma camedor	O	SI	4	<i>Chamaedorea tepejilote</i>	Palma tepejilote / palma	F	SI	Ornamental
5	<i>Piper tuberculatum / arboreum</i>		A	Nativa	5	<i>Chamaedorea elegans</i>	Palma camedor	O	SI	Ornamental
6	<i>Buddelia americana</i>	Tepozán, tabaquillo	O	Nativa	6	<i>Piper tuberculatum / arboreum</i>		A	Nativa	Veg secundaria
7	<i>Sp2</i>	Fruto rojo pequeño	O	SI	7	<i>Buddelia americana</i>	Tepozán, tabaquillo	O	Nativa	
8	<i>Pteridium sp5</i>	Helecho	E	AP	8	<i>Sp2</i>	Fruto rojo pequeño	O	SI	
9	<i>Colocasia esculenta</i>	Malanga	O	Exótica	9	<i>Pteridium sp4</i>	Helecho	E	SI	
10	<i>Colocasia gigantea</i>	Oreja de elefante	O	Exótica	10	<i>Pteridium sp5</i>	Helecho	E	AP	
11	<i>Piper amalago</i>		F	Nativo	11	<i>Colocasia esculenta</i>	Malanga	O	Exótica	Alimento, ornamenta
12	<i>Heliconia adflexa</i>		A	Nativa	12	<i>Colocasia gigantea</i>	Oreja de elefante	O	Exótica	Ornamental
13	<i>Piper auritum</i>	Hierba Santa	F	Nativa	13	<i>Piper hispidium</i>		O	Nativo	SI
14	<i>Heliconia culliniana</i>	Platanillo	F	Nativa	14	<i>Piper amalago</i>		F	Nativo	Veg secundaria

## ZA1

Izquierda					Der				
N.	Árboles	Nombre Común	CA	Estado	N.	Árboles	Nombre Común	CA	Estado
1	<i>Liquidambar styraciflua</i>	Niquidambar	E	Nativa	1	<i>Liquidambar styraciflua</i>		A	Nativa
2	<i>Quercus sp1</i>		E	Nativa	2	<i>Quercus sp1</i>		E	Nativa
3	<i>Acalypha sp. / multicaulis</i>		A	Nativa	4	<i>Acalypha sp. / multicaulis</i>		D	Nativa
4	<i>Sp2</i>			SI	5	<i>Sp2</i>		O	SI
5	<i>Inga oerstediana</i>		E	Nativa	6	<i>Inga oerstediana</i>		F	Nativa
6	<i>Cyathea sp1.</i>	Helecho arbóreo	O	SI	7	<i>Cyathea sp1.</i>	Helecho arbóreo	O	SI
7	<i>Inga punitata</i>	Inga de cafetal	F	VS   AP	8	<i>Guarea glabra / sin: excelsa</i>	Tropillo/ Cedrillo	E	Nativa (500m)
8	<i>Cecropia obtusifolia</i>	Guarumo	E	AP	9	<i>Inga punitata</i>	Inga de cafetal	F	VS   AP
					10	<i>Cecropia obtusifolia</i>	Guarumo	O	AP
					11	<i>Sapindus saponaria</i>	Amole	O	Nativo

Izquierdo					Derecho				
N.	Arbustos	Nombre Común		Estado	N.	Arbustos	Nombre Común	CA	Estado
1	<i>Heliconia adflexa</i>		A	Nativa	1	<i>Heliconia adflexa</i>		A	Nativa
2	<i>Chamaedorea elegans</i>	Palma camedor	O	SI	2	<i>Chamaedorea elegans</i>	Palma camedor	D	SI
3	<i>Piper hispidium</i>		D	Nativo	3	<i>Chamaedorea tepejilote</i>	Palma tepejilote   pacaya	E	SI
4	<i>Piper tuberculatum</i>		F	Nativa	4	<i>Piper hispidium</i>		D	Nativo
5	<i>Pteridium sp2</i>		E	SI	5	<i>Piper tuberculatum</i>		F	Nativa
6	<i>Pteridium sp1</i>		E	SI	6	<i>Chamaedorea oblongata</i>	Palma cola de pescado	O	Nativa   Reg
7	<i>Sp2</i>		E	AP	7	<i>Pteridium sp2</i>		E	SI
8	<i>Brugmansia arborea</i>	Trompetillo	E	Nativa de Ame	8	<i>Pteridium sp1</i>		F	SI
9	<i>Coffea arabica</i>	Café	E	Exótica	9	<i>Sp1</i>		E	SI
10	<i>Euphorbiaceae sp1</i>		N	SI	10	<i>Brugmansia arborea</i>	Trompetillo	E	Nativa de An
11	<i>Colocasia gigantea</i>	Oreja de elefante	E	Exótica	11	<i>Colocasia esculenta</i>	Malanga	E	Exótica
	<i>Arundo donax</i>	Caña de cristo	A			<i>Arundo donax</i>	Caña de cristo	E	Invasiva

## ZA2

Izquierda					Derecha				
N.	Árboles	Nombre Común	CA	Estado	N.	Árboles	Nombre Común	CA	Estado
1	<i>Bunchosia sp.</i>	Nanche	E	SI	1	<i>Psidium guajava</i>	Guayaba	O	Exótica   Frutal
2	<i>Acalypha sp.   multicaulis</i>		F	SI	2	<i>Liquidambar styraciflua</i>	Estorasque, Toschui	E	Nativa
3	<i>Bursera cimaruba</i>	Chocouite	E	Nativa	3	<i>Bocconia arborea</i>	Árbol de Judas	O	Nativa   Medicinal
4	<i>Inga oerstediana</i>		O	VS   AP	4	<i>Tabebuia sp1   millsii</i>		O	Nativa
5	<i>Psidium guajava</i>	Guayaba	O	Exótica   Frutal	5	<i>Coffea arabica</i>	Café	O	Exótica   Frutal
6	<i>Erythrina chiapasana</i>	Colorín	O	Endémica	6	<i>Acalypha sp1   multicaulis</i>		A	SI
7	<i>Sp11</i>		E	SI	7	<i>Citrus limon</i>	Limon	O	Exótica   Frutal
8	<i>Inga vera</i>		F	SI	8	<i>Magnifera indica</i>	Mango	O	Exótica   Frutal
9					9	<i>Cedrela odorata</i>		O	Originario AC, pres
10					10	<i>Erythrina chiapasana</i>	Colorín	O	Endémica
11					11	<i>Oreopanax sp1</i>		O	SI
12					12	<i>Ficus aurea</i>	Matapalo	O	Nativa
14					14	<i>Guazuma ugnifolia</i>	Guamara	O	Nativa

	Izquierda				Derecha			
N.	Arbustos	Nombre Común	CA	Estado	Arbustos	Nombre Común	CA	Estado
1	<i>Musa paradisiaca</i>	Platano	E	Exótica   Frutal	<i>Arundo donax</i>	<i>Caña de cristo</i>	D	Invasora / Introducida
2	<i>Piper auritum</i>	Hierba Santa	F	Nativa	<i>Verbesina crocata</i>	Arnica	A	N   VS   AP
3	<i>Arundo donax</i>	<i>Caña de cristo</i>	D	Invasora / Introducida	<i>Buddleia americana</i>	<i>Tepozán, tabaquillo</i>	A	Nativa
4	<i>Buddleia americana</i>	<i>Tepozán, tabaquillo</i>	A	Nativa	<i>Brugmansia arborea</i>	<i>Trompetillo</i>	O	Nativa de America
5	<i>Brugmansia arborea</i>	<i>Trompetillo</i>	E	Nativa de America	<i>Colocasia gigantea</i>	<i>Oreja de elefante</i>	F	Exótica
6	<i>Verbesina crocata</i>	Arnica	A	N   VS   AP	<i>Ricinus communis</i>	<i>Higuerrila</i>	O	Exótica   Invasiva
7	<i>Colocasia esculenta</i>	<i>Malanga</i>	F	Exótica				
8	<i>Ricinus communis</i>	<i>Higuerilla</i>	E	Exótica   Invasiva				

### ZA3

	Izquierda				Derecha			
N.	Árboles	Nombre Común	CA	Estado	Árboles	Nombre Común	CA	Estado
1	<i>Liquidambar styraciflua</i>	Estorasque, Toschui	O	Nativa	<i>Diphysa robinoides</i>	<i>Guachipilin</i>	O	Nativa
2	<i>Salix humboltiana</i>	Sauce	E	Nativa	<i>Salix humboltiana</i>	Sauce	E	Nativa
3	<i>Diphysa robinoides</i>	<i>Guachipilin</i>	O	Nativa				

	Izquierda				Derecha			
N.	Arbustos	Nombre Común	CA	Estado	Arbustos	Nombre Común	CA	Estado
1	<i>Verbesina crocata</i>	Arnica	A	N   VS   AP	<i>Verbesina crocata</i>	Arnica	A	N   VS   AP
2	<i>Sp7</i>		O	N   VS   AP	<i>Buddleia americana</i>	<i>Pozancle</i>	A	Nativa
3	<i>Arundo donax</i>	<i>Caña de cristo</i>	D	Invasora / Introducida	<i>Sp7</i>		E	SI
4	<i>Pennisetum purpureum</i>	<i>Caña cola zorra</i>	O	Exótica   Invasiva	<i>Arundo donax</i>	<i>Caña de cristo</i>	D	Invasora / Introducida
5	<i>Buddleia americana</i>	<i>Pozancle</i>	E	Nativa	<i>Pennisetum purpureum</i>	<i>Caña cola zorra</i>	O	Exótica   Invasiva
6	<i>Euphorbacea sp</i>		E	SI	<i>Euphorbacea sp</i>		F	SI
7	<i>Ricinus communis</i>		E	Exótica   Invasiva	<i>Ricinus communis</i>		E	Exótica   Invasiva
8					<i>Colocasia esculenta</i>	<i>Malanga</i>	F	Exótica

**ZM1**

	Izquierda			Estado	Derecha			Estado
N.	Árboles	Nombre Común	CA		Árboles	Nombre Común	CA	
1	<i>Liquidambar styraciflua</i>	Estorasque, Toschui	O	Nativa	<i>Salix humboltiana</i>	Sauce	A	Nativa
2	<i>Salix humboltiana</i>	Sauce	A	Nativa	<i>Acacia pennatula</i>	Quebracho   Tepame	O	Nativa
3	<i>Piper arboreum</i>		E	Nativa	<i>Inga laurina</i>		E	Nativa
4	<i>Ficus aurea</i>	Matapalo	O	Nativa	<i>Bursera cimaruba</i>	Chocouite	O	Nativa
5	<i>Citrus limon</i>	Limon	O	Exótica   Frutal	<i>Ficus aurea</i>	Matapalo	O	Nativa
6	<i>Acacia cochliacantha</i>	<i>Cubata</i>	O	Nativo				

Izquierda				Derecha			
Arbustos	Nombre Común	CA	Estado	Arbustos	Nombre Común	CA	Estado
<i>Arundo donax</i>	Caña de cristo	F	Invasora / Introducida	<i>Arundo donax</i>	Caña de cristo	F	Invasora / Introd
<i>Euphorbacea sp</i>		E	SI	<i>Euphorbacea sp</i>		E	SI
<i>Verbesina crocata</i>	Arnica	A	N   VS   AP	<i>Verbesina crocata</i>	Arnica	A	N   VS   AP
<i>Ricinus communis</i>	Higuerillas	E	Exótica   Invasiva	<i>Sp7</i>			
<i>Piper hispidium</i>		O					

**ZM2**

	Izquierda			Estado	Derecha			Estado
N.	Árboles	Nombre Común	CA		Árboles	Nombre Común	CA	
1	<i>Inga laurina</i>		D	Nativa	<i>Salix humboltiana</i>	Sauce	D	Nativa
2	<i>Salix humboltiana</i>	Sauce	D	Nativa	<i>Inga laurina</i>		A	Nativa
3	<i>Acacia cochliacantha</i>	<i>Cubata</i>	O	Nativa	<i>Taxodium mucronatum</i>	Ahuhuete	A	Nativo
4	<i>Ficus insipida   glabrata</i>	Amate	O	Nativa	<i>Tabebuia rosea</i>	Palo blanco	E	Nativo
5	<i>Taxodium mucronatum</i>	Ahuhuete	A	Nativo	<i>Acacia cochliacantha</i>	<i>Cubata</i>	F	Nativa
6	<i>Enterolobium cyclocarpum</i>	Guanacaste   Parota	F	Nativo	<i>Luehea candida</i>	Algodonsillo	E	Nativa
7	<i>Guazuma ulmifolia</i>	Guazuma	F	Nativo	<i>Bursera cimaruba</i>	Chocouite	O	Nativa

### ZM3

N.	Izquierda			Estado	Derecha			Estado
	Árboles	Nombre Común	CA		Árboles	Nombre Común	CA	
1	<i>Inga laurina</i>		D	Nativa	<i>Enterolobium cyclocarpum</i>	Guanacaste	F	Nativo
2	<i>Ficus insipida</i>   <i>glabrata</i>	Chileamate	F	Nativa	<i>Ficus insipida</i>   <i>glabrata</i>	Chileamate	F	Nativa
3	<i>Enterolobium cyclocarpum</i>	Guanacaste   Parota	F	Nativo	<i>Cecropia obtusifolia</i>	Guarumo	O	Silvestre   Nativa
4	<i>Taxodium mucronatum</i>	Ahuhuate	A	Nativo	<i>Psidium guajava</i>	Guayaba	E	Exótica   Frutal
5	<i>Cedrela odorata</i>		E	Nativa	<i>Guazuma ulmifolia</i>	Guazuma	A	Nativo
6	<i>Tabebuia rosea</i>	Palo blanco	E	Nativo	<i>Annona sp1</i>	Anona	F	SI
7	<i>Acacia cochliacantha</i>	<i>Cubata</i>	F	Nativa	<i>Cedrela odorata</i>		E	Nativa
8	<i>Acacia pennatula</i>	Quebracho   Tepame	E	Nativa	<i>Inga laurina</i>		F	Nativa
9	<i>Psidium guajava</i>	Guayaba	O	Exótica   Frutal	<i>Theobroma cacao</i>	Cacao	F	Nativa   Cultivada
10	<i>Sp10</i>		O		<i>Citrus limon</i>	Limon	O	Exótica   Frutal
11	<i>Licania arborea</i>	Cacahuananche	O (2 indiv)	Nativa   Amenzada	<i>Magnifera indica</i>	Mango	O	Exótica   Frutal
12					<i>Acacia cochliacantha</i>	<i>Cubata</i>	F	Nativa

Izquierda				Derecha			
Arbustos	Nombre Común	CA	Estado	Arbustos	Nombre Común	CA	Estado
<i>Sp1</i>		E		<i>Piper amalago</i>		F	Nativo
<i>Ricinus communis</i>	<i>Higuerilla</i>	F	Exótica   Invasiva	<i>Ricinus communis</i>	<i>Higuerilla</i>	F	Exótica   Invasiva
<i>Musa paradisiaca</i>	Platano	E	Exótica	<i>Musa paradisiaca</i>	Platano	E	Exótica
				<i>Colocasia esculenta</i>	<i>Malanga</i>	F	Exótica

### ZMR

Izquierda				Derecha			
Arbustos	Nombre Común	CA	Estado	Arbustos	Nombre Común	CA	Estado
<i>Buddleia americana</i>	<i>Tepozán, tabaquillo</i>	A	Nativa	<i>Calliandra sp1.</i>		E	SI
<i>Verbesina crocata</i>	Arnica	A	N   VS   AP	<i>Buddleia americana</i>	<i>Tepozán, tabaquillo</i>	A	Nativa
<i>Solanum melongena</i>	<i>Berengena</i>	E	Exótica	<i>Solanum melongena</i>	<i>Berengena</i>	E	Exótica

N.	Izquierda			Estado	Derecha			Estado
	Árboles	Nombre Común	CA		Árboles	Nombre Común	CA	
1	<i>Ficus insipida   glabrata</i>	Chileamate	A	Nativa	<i>Taxodium mucronatum</i>	Ahuhuete	D	Nativo
2	<i>Coccoloba acapulcensis</i>	Carnero	O	SI	<i>Salix humboltiana</i>	Sauce	A	Nativa
3	<i>Erythrina chiapasana</i>	Colorín	E	Endémica	<i>Acacia cochliacantha</i>	Cubata	F	Nativa
4	<i>Taxodium mucronatum</i>	Ahuhuete	D	Nativo	<i>Ficus insipida   glabrata</i>	Chileamate	A	Nativa
5	<i>Salix humboltiana</i>	Sauce	A	Nativa	<i>Ficus sp.</i>		O	SI
6	<i>Inga laurina</i>		F	Nativa	<i>Acacia pennatula</i>	Quebracho   Tepame	E	Nativa
7	<i>Acacia pennatula</i>	Quebracho   Tepame	E	Nativa	<i>Bursera cimaruba</i>	Chocouite	O	Nativa
8	<i>Licania arborea</i>	Cacahuananche	O	Nativa   Amenzada	<i>Tabebuia rosea</i>	Palo blanco	E	Nativo
9	<i>Annona sp1</i>	Anona	E	SI	<i>Luehea candida</i>		E	Nativa
10	<i>Enterolobium cyclocarpum</i>	Guanacaste   Parota	A	Nativo	<i>Leucaena leucocephala</i>		O	Nativa   Ruderal
11	<i>Cedrela odorata</i>		E	Nativa	<i>Guazuma ulmifolia</i>	Guazuma	A	Nativo
12	<i>Spondias sp1</i>	terciopelo	E	SI	Sp9	hojas bicolor	O	SI
13	<i>Guarea guidonia</i>	Trompillo	E	Exótica   SI	<i>Spondias sp1</i>	Terciopelo	F	SI
14	<i>Luehea candida</i>		E	Nativa	<i>Erythrina chiapasana</i>	Colorín	E	Endémica

#### ZM4

N.	Izquierda			Estado	Derecha			Estado
	Árboles	Nombre Común	CA		Árboles	Nombre Común	CA	
1	<i>Magnifera indica</i>	Mango	E	Exótica   Frutal	<i>Andira inermis</i>	Lombricero	E	
2	<i>Inga laurina</i>		D	Nativa	<i>Ficus insipida   glabrata</i>	Chileamate	E	Nativa
3	<i>Pifisa robinoide</i>		O		<i>Taxodium mucronatum</i>	Ahuhuete	D	Nativo
4	<i>Taxodium mucronatum</i>	Ahuhuete	D	Nativo	<i>Salix humboltiana</i>	Sauce	D	Nativa
5	<i>Salix humboltiana</i>	Sauce	D	Nativa	<i>Acacia pennatula</i>	Quebracho   Tepame	F	Nativa
6	<i>Ficus insipida   glabrata</i>	Chileamate	A	Nativa	<i>Guazuma ulmifolia</i>	Guazuma	F	Nativo
7	<i>Acacia pennatula</i>	Quebracho   Tepame	E	Nativa	<i>Licania arborea</i>	Cacahuananche	E	Nativa
8	<i>Tabebuia rosea</i>	Palo blanco	F	Nativo	<i>Annona sp1</i>	Anona	F	SI
9	<i>Andira inermis</i>	Lombricero	F	Nativa   Restaura	<i>Tabebuia rosea</i>	Palo blanco	E	Nativo
10	<i>Guazuma ulmifolia</i>	Guazuma	A	Nativo	<i>Gliricidia sepium</i>		A	Nativa

Izquierda				Derecha			
Arbustos	Nombre Común	CA	Estado	Arbustos	Nombre Común	CA	Estado
<i>Buddleia americana</i>	Tepozán, tabaquillo	D	Nativa	<i>Buddleia americana</i>	Tepozán, tabaquillo	D	Nativa
<i>Verbesina crocata</i>	Arnica	F	N   VS   AP	<i>Verbesina crocata</i>	Arnica	F	N   VS   AP
<i>Solanum melongena</i>	Berengena	E	Exótica	<i>Ricinus communis</i>	Higuerilla	F	Exótica   Invasiva
<i>Ricinus communis</i>	Higuerilla	F	Exótica   Invasiva				
<i>Colocasia esculenta</i>	Malanga   Tequesquite	O	Exótica				

### ZM5

N.	Izquierda			Estado	Derecha			Estado
	Árboles	Nombre Común	CA		Árboles	Nombre Común	CA	
1	<i>Inga laurina</i>		E	Nativa	<i>Magnifera indica</i>	Mango	E	Exótica   Frutal
2	<i>Acacia cochliacantha</i>	Cubata	F	Nativa	<i>Acacia pennatula</i>	Quebracho	A	Nativa
3	<i>Tabebuia rosea</i>	Palo blanco	E	Nativo	<i>Acacia cochliacantha</i>	Cubata	F	Nativa
4	<i>Salix humboltiana</i>	Sauce	D	Nativa	<i>Inga laurina</i>		E	Nativa
5	<i>Andira inermis</i>	Lombricero	F	Nativa   Restauración	<i>Salix humboltiana</i>	Sauce	D	Nativa
6	<i>Ficus insipida   glabrata</i>	Chileamate	A	Nativa	<i>Taxodium mucronatum</i>	Ahuhuete	F	Nativo
7	<i>Acacia pennatula</i>	Quebracho	A	Nativa	<i>Tabebuia rosea</i>	Palo blanco	E	Nativo
8	<i>Licania arborea</i>	Cacahuananche	O	Nativa   Amenzada	<i>Andira inermis</i>	Lombricero	F	Nativa   Restauración
9	<i>Thouinidium decandrum</i>	Periquillo	F	Nativa	<i>Gliricidia sepium</i>		A	Nativa
10					<i>Guazuma ulmifolia</i>	Guazuma	F	Nativo
11					<i>Licania arborea</i>	Cacahuananche	E	Nativa   Amenzada
12					<i>Thouinidium decandrum</i>	Periquillo	F	Nativa
13					<i>Anacardium occidentale</i>	Marañón		Exótico

Izquierda				Derecha			
Arbustos	Nombre Común	CA	Estado	Arbustos	Nombre Común	CA	Estado
<i>Buddleia americana</i>	Tepozán, tabaquillo	D	Nativa	<i>Buddleia americana</i>	Tepozán, tabaquillo	D	Nativa
<i>Verbesina crocata</i>	Arnica	F	N   VS   AP	<i>Verbesina crocata</i>	Arnica	F	N   VS   AP
<i>Colocasia esculenta</i>	Malanga   Tequesquite	O	Exótica	<i>Euphorbacea sp</i>		E	SI

ZM6

	Izquierda			Estado	Derecha			Estado
N.	Árboles	Nombre Común	CA		Árboles	Nombre Común	CA	
1	<i>Inga laurina</i>		F	Nativa	<i>Salix humboltiana</i>	Sauce	D	Nativa
2	<i>Guazuma ulmifolia</i>	Guazuma	O	Nativo	<i>Acacia cochliacantha</i>	Cubata	A	Nativa
3	<i>Acacia cochliacantha</i>	Cubata	A	Nativa	<i>Acacia pennatula</i>	Quebracho	A	Nativa
4	<i>Salix humboltiana</i>	Sauce	D	Nativa	<i>Ficus insipida   glabrata</i>	Chileamate	O	Nativa
5	<i>Ficus insipida   glabrata</i>	Chileamate	O	Nativa				
6	<i>Piper tuberculatum</i>		O	Nativa				
7	<i>Andira inermis</i>	Lombricero	E	Nativa   Restauración				
8	<i>Eugenia sp</i>		E	SI				
9	<i>Pithecellobium dulce</i>	Guamuchil	E	Nativa				
10	<i>Annona sp</i>		O	SI				
11	<i>Acacia pennatula</i>	Quebracho   Tepame	A	Nativa				

Izquierda				Derecha			
Arbustos	Nombre Común	CA	Estado	Arbustos	Nombre Común	CA	Estado
<i>Salix mycrophylla</i>	Palo de agua	D	Nativa	<i>Salix mycrophylla</i>	Palo de agua	E	Nativa
<i>Solanum melongena</i>	Berengena	E	Exótica	<i>Solanum melongena</i>	Berengena	O	Exótica
<i>Buddelia americana</i>	Tepozán, tabaquillo	A	Nativa	<i>Buddelia americana</i>	Tepozán, tabaquillo	A	Nativa

**ZB1**

N.	Izquierda			Estado	Derecha			Estado
	Árboles	Nombre Común	CA		Árboles	Nombre Común	CA	
1	<i>Salix humboltiana</i>	Sauce	D	Nativa	<i>Salix humboltiana</i>	Sauce	D	Nativa
2	<i>Acacia pennatula</i>	Quebracho	E	Nativa	<i>Acacia pennatula</i>	Quebracho	A	Nativa
3	<i>Tabebuia rosea</i>	Palo blanco	E	Nativo	<i>Tabebuia rosea</i>	Palo blanco	F	Nativo
4	<i>Inga laurina</i>		E	Nativa	<i>Inga laurina</i>		F	Nativa
5	<i>Acacia cochliacantha</i>	Cubata	E	Nativa	<i>Acacia cochliacantha</i>	Cubata	F	Nativa
6	<i>Magnifera indica</i>	Mango	F	Exótica   Frutal	<i>Magnifera indica</i>	Mango	E	Exótica   Frutal
7	<i>Pithecellobium dulce</i>	Guamuchil	D	Nativa	<i>Pithecellobium dulce</i>	Guamuchil	F	Nativa
8	<i>Ficus insipida   glabrata</i>	Chileamate	F	Nativa	<i>Ficus insipida   glabrata</i>	Chileamate	F	Nativa
9	<i>Guazuma ulmifolia</i>	Guazuma	E	Nativo	<i>Guazuma ulmifolia</i>	Guazuma	A	Nativo
10	<i>Eugenia capuli</i>	Capulin	E	Nativa	<i>Eugenia capuli</i>	Capulin	E	Nativa
11	<i>Thouinidium decandrum</i>	Periquillo	O	Nativa	<i>Thouinidium decandrum</i>	Periquillo	F	Nativa
12	<i>Andira inermis</i>	Lombricero	O	Nativa   Restauración	<i>Andira inermis</i>	Lombricero	E	Nativa   Restau
13	<i>Tabebuia donnell-smithii</i>		O		<i>Tabebuia donnell-smithii</i>		F	
14	<i>Cedrela odorata</i>		O	Nativa	<i>Cedrela odorata</i>		E	Nativa
15	<i>Palma sp</i>		O	Exótica	<i>Piper hispidium</i>			Nativa
	<i>Piper hispidium</i>		E	Nativa				
	<i>Jatropha curcas</i>	Piñon	E	Exótica   Introducida				

Izquierda				Derecha			
Arbustos	Nombre Común	CA	Estado	Arbustos	Nombre Común	CA	Estado
<i>Salix mycrophylla</i>	Palo de agua	D	Nativa	<i>Salix mycrophylla</i>	Palo de agua	D	Nativa
<i>Ricinus communis</i>	Higuerilla	E	Exótica	<i>Ricinus communis</i>	Higuerilla	F	Exótica   Invasiva
<i>Musa paradisiaca</i>	Platano	E	Exótica	<i>Musa paradisiaca</i>	Berengena	O	Exótica
<i>Solanum melongena</i>	Berengena	O	Exótica	<i>Solanum melongena</i>		O	SI
<i>Mimosa sp1</i>		O	SI	<i>Mimosa sp1</i>	Tepozán, tabaquillo	O	Nativa
<i>Buddelia americana</i>	Tepozán, tabaquillo	O	Nativa	<i>Buddelia americana</i>		E	SI

**ZB2**

Izquierda				Estado	Derecha				Estado
N.	Árboles	Nombre Común	CA		Árboles	Nombre Común	CA		
1	<i>Ficus insipida   glabrata</i>	Chileamate	E	Nativa	<i>Ficus insipida   glabrata</i>	Chileamate	F	Nativa	
2	<i>Tabebuia rosea</i>	Palo blanco	F	Nativo	<i>Tabebuia rosea</i>	Palo blanco	F	Nativo	
3	<i>Cedrela odorata</i>		O	Nativa	<i>Cedrela odorata</i>		O	Nativa	
4	<i>Inga laurina</i>		F	Nativa	<i>Inga laurina</i>		E	Nativa	
5	<i>Pithecellobium dulce</i>	Guamuchil	O	Nativa	<i>Pithecellobium dulce</i>	Guamuchil	D	Nativa	
6	<i>Acacia cochliacantha</i>	<i>Cubata</i>	O	Nativa	<i>Acacia cochliacantha</i>	<i>Cubata</i>	F	Nativa	
7	<i>Magnifera indica</i>	Mango	E	Exótica   Frutal	<i>Magnifera indica</i>	Mango	O	Exótica   Frutal	
8	<i>Eugenia capuli</i>	Capulin	O	Nativa	<i>Guazuma ulmifolia</i>	Guazuma	O	Nativo	
9	<i>Guazuma ulmifolia</i>	Guazuma	O	Nativo	<i>Licania arborea</i>	Cacahuananche	O	Nativa   Amenzada	
10	<i>Licania arborea</i>	Cacahuananche	F	Nativa   Amenzada	<i>Salix humboltiana</i>	Sauce	D	Nativa	
11	<i>Salix humboltiana</i>	Sauce	D	Nativa	<i>Enterolobium cyclocarpum</i>	Guanacaste   Parota	A	Nativo	
12	<i>Enterolobium cyclocarpum</i>	Guanacaste   Parota	O	Nativo					
13	<i>Citrus limon</i>	Limon	O	Exótica   Frutal					

Izquierda				Derecha			
Arbustos	Nombre Común	CA	Estado	Arbustos	Nombre Común	CA	Estado
<i>Salix mycrophylla   taxifolia</i>	Palo de agua	D	Nativa	<i>Salix mycrophylla  </i>	Palo de agua	D	Nativa
<i>Ricinus communis</i>	Higuerilla	E	Exótica	<i>Ricinus communis</i>	Higuerilla	E	Exótica
<i>Solanum melongena</i>	Berengena	F	Exótica	<i>Solanum melongen</i>	Berengena	F	Exótica
<i>Buddelia americana</i>	Tepozán, tabaquillo	F	Nativa	<i>Buddelia americana</i>	Tepozán, tabaquillo	F	Nativa
<i>Senna sp</i>		E	SI	<i>Senna sp</i>		E	SI

**ZBR**

	Izquierda			Estado	Derecha			Estado
N.	Árboles	Nombre Común	CA		Árboles	Nombre Común	CA	
1	<i>Inga laurina</i>		D	Nativa	<i>Inga laurina</i>		F	Nativa
2	<i>Ficus insipida   glabrata</i>	Chileamate	F	Nativa	<i>Ficus insipida   glabrata</i>	Chileamate	D	Nativa
3	<i>Salix humboltiana</i>	Sauce	F	Nativa	<i>Salix humboltiana</i>	Sauce	D	Nativa
4	<i>Andira inermis</i>	Lombricero	F	Nativa   Restauración	<i>Andira inermis</i>	Lombricero	A	Nativa   Restauración
5	<i>Cecropia optusifolia</i>		O	SI	<i>Cecropia optusifolia</i>		A	SI
6	<i>Citrus limon</i>	Limon	O	Exótica   Frutal	<i>Espondia movil</i>		E	SI
7	<i>Tabebuia rosea</i>	Palo blanco	E	Nativo	<i>Cedrela odorata</i>		O	Nativa
8	<i>Lauracea sp1.</i>		F	SI				
9	<i>Piper hispidium</i>		F	Nativa				
10	<i>Espondia movil</i>		E	SI				
11	<i>Magnifera indica</i>	Mango	O	Exótica   Frutal				
12	<i>Licania arborea</i>	Cacahuananche	O	Nativa   Amenzada				
13	<i>Cordia sp</i>		E	SI				
14	<i>Annona sp</i>		A	SI				
15	<i>Guazuma ulmifolia</i>	Guazuma	O	Nativo				
16	<i>Cedrela odorata</i>		O	Nativa				

Izquierda				Derecha			
Arbustos	Nombre Común	CA	Estado	Arbustos	Nombre Común	CA	Estado
<i>Colocasia esculenta</i>	<i>Malanga</i>	E	Exótica	<i>Verbesina crocata</i>	Arnica	E	N   VS   AP
<i>Verbesina crocata</i>	Arnica	F	N   VS   AP	<i>Salix mycrophylla   taxifo</i>	Palo de agua	E	Nativa
<i>Salix mycrophylla   taxifolia</i>	Palo de agua	A	Nativa	<i>Buddelia americana</i>	<i>Tepozán, tabaquillo</i>	O	Nativa
<i>Ricinus communis</i>	<i>Higuerilla</i>	O	Exótica				
<i>Buddelia americana</i>	<i>Tepozán, tabaquillo</i>	O	Nativa				