Universidad Veracruzana

FACULTAD DE ECONOMÍA

Análisis costo-beneficio para estudiar la contaminación por residuos sólidos del Cañón del Sumidero, Chiapas, México

T E S I S

Que para obtener el grado de

Maestro en Economía Ambiental y Ecológica

Presenta:

Ing. Amb. Roger Daniel Nigenda Morales

Directora de tesis:

Dra. Ana Cecilia Travieso Bello

Xalapa de Enríquez, Veracruz, julio 2018

Dedicatorias

A mi madre, María del Carmen Morales González.

Todo lo que soy te lo debo a ti, no hay persona en el mundo a quien yo ame, respete y admire más que a ti. No existen palabras para siquiera empezar a agradecerte por todo lo que has hecho y sigues haciendo por mí. A ti, absolutamente.

A mi padre, Sergio Nigenda Capito.

Me enseñaste que uno puede lograr lo que se proponga siempre y cuando, como decías tú, le eche los kilos. Siempre fuiste un ejemplo de voluntad, alegría e irreverencia. A tu memoria indeleble.

A mis hermanos Jordán y Fabián.

Solamente los incluyo porque si no lo hago mi mamá se va a enojar. A ustedes, por obligación.

A Diana.

No pude haber tenido un apoyo moral, sentimental y espiritual más grande, profundo e incondicional que el tuyo. Te la dedico porque eres el amor de mi vida y porque no lo hubiera logrado sin ti. A ti, con todo mi amor.

Agradecimientos

A la Universidad Veracruzana por todos los conocimientos, apoyos, oportunidades y aprendizajes brindados a lo largo de la maestría.

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) por la beca otorgada, sin la cual la realización de la maestría hubiera sido imposible.

A mi tutora, directora de tesis y mentora, Dra. Ana Cecilia Travieso Bello, por su paciencia, dedicación, empuje, minuciosidad y enorme sentido de la responsabilidad, no pude haber tenido una mejor guía.

A los distinguidos miembros de mi comité tutoral, Mtra. Katia Romero León, Dr. Daniel A. Revollo Fernández y Dr. Arturo Bocardo Valle, quienes con gran compromiso me proporcionaron el apoyo y la crítica necesarios para desarrollar la investigación y escribir esta tesis.

Al Dr. Daniel Revollo Fernández y al Departamento de Economía de la Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Azcapotzalco, por su monumental apoyo durante mi estancia de investigación.

A Julián Dominguez por su valioso apoyo en SIG.

A Javier Náfate y al equipo del Parque Nacional Cañón del Sumidero por su gran ayuda durante el trabajo de campo y por la labor tan importante que realizan día con día contra toda adversidad.

A mis profesores, Dr. Enrique Hipólito, Dr. Rey Acosta, Mtro. Marco Antonio Méndez, Mtro. Edson Valdés, Dr. Edgar Saucedo, Mtro. Guadalupe Hernández, Dr. Darío Hernández, Mtra. Yecenia Domínguez, Dr. Carlo Welsh, Mtra. Katia Romero y Dr. Arturo Bocardo; por las lecciones científicas, profesionales y éticas ofrecidas voluntaria e involuntariamente.

A la familia MEAE conformada por la Mtra. Katia Romero, Mariel, Alejandro, al Dr. Arturo y al Mtro. Francisco, por su incondicional apoyo en tantas ocasiones y por su invaluable compromiso y amor por el programa de maestría.

A mis compañeros de generación, David, Tania, Toño, Pedro y Jorge, por su amistad, soporte, desacuerdo, y, sobre todo por su ejemplo, la experiencia en la maestría no hubiera sido la misma sin ustedes.

Contenido

Contenido i

Índice de cuadros iii

Índice de figuras iv

Introducción 1

Justificación 4

Objetivos 5

Objetivo general 5

Objetivos específicos 5

Preguntas de investigación 5

Hipótesis 5

1. Capítulo 1: Aplicación del modelo Fuerza motriz-Presión-Estado-Impacto-Respuesta en el análisis de la contaminación por residuos sólidos 6

RESUMEN 6

ABSTRACT 6

1.1 INTRODUCCIÓN 7

1.2 METODOLOGÍA 9

1.3 RESULTADOS Y DISCUSIÓN 11

1.4 CONCLUSIONES 19

1.5 REFERENCIAS 20

2. Capítulo 2: Análisis de actores en el manejo de residuos sólidos en el Cañón del Sumidero, México 27

RESUMEN 27

2.1 INTRODUCCIÓN 27

2.2 MARCO TEÓRICO 29

2.3 MATERIALES Y MÉTODOS 30

2.4 RESULTADOS Y DISCUSIÓN 35

2.5 CONCLUSIÓN 46

2.6 REFERENCIAS 47

3. Capítulo 3: Análisis económico de la contaminación por residuos sólidos del Parque Nacional Cañón del Sumidero 53

RESUMEN 53

3.1 INTRODUCCIÓN 53

3.2 MATERIALES Y MÉTODOS 58

3.3 RESULTADOS 65

3.4 DISCUSIÓN 69

3.5 CONCLUSIONES 73

3.6 REFERENCIAS 74

4. Capítulo 4: Discusión 81

Referencias 85

Índice de cuadros

Cuadro 1.1. Componentes e indicadores del modelo FPEIR utilizados para el análisis de la contaminación por residuos sólidos del Cañón del Sumidero 10
Cuadro 1.2. Daños sufridos por los actores locales a causa de los residuos sólidos del Cañón del Sumidero 13
Cuadro 1.3. Propuestas de los actores locales entrevistados para atender la contaminación por residuos sólidos del Cañón del Sumidero 17
Cuadro 2.1. Criterios de caracterización de los actores involucrados en la contaminación por residuos sólidos del Cañón del Sumidero 33
Cuadro 2.2. Caracterización de actores que no pertenecen al gobierno..... 36
Cuadro 2.3. Caracterización de actores pertenecientes al gobierno 38
Cuadro 2.4. Redes sociales de actores relacionados con los residuos sólidos del Cañón del Sumidero, sus afiliaciones y parámetros medidos 43
Cuadro 3.1. Fuentes de contaminación por residuos sólidos y servicios ecosistémicos afectados 55
Cuadro 3.2. Criterios considerados por tipo de análisis costo – beneficio 56
Cuadro 3.3. Servicios ecosistémicos ofrecidos por el Río Grijalva y tipo de valor asociado 62
Cuadro 3.4. Servicios ecosistémicos relacionados con cada actor e impactos que generan los proyectos sobre éstos..... 63
Cuadro 3.5. Concepto y tipo de concepto considerado por actor para el análisis costo-beneficio 63
Cuadro 3.6. Parámetros utilizados para la elaboración del análisis costo-beneficio 65
Cuadro 3.7. Valor actual neto del escenario tendencial por actor 66
Cuadro 3.8. Valor actual neto y relación costo beneficio (RBC) de los tres escenarios de contaminación por residuos sólidos del Cañón del Sumidero... 66
Cuadro 3.9. Valor actual neto de acuerdo con la variación en el número anual de visitantes al PNCS..... 67
Cuadro 3.10. Valor actual neto de acuerdo con la variación en cobro de derechos por ingreso al PNCS 67
Cuadro 3.11. Valor actual neto de acuerdo con el cambio en la efectividad de la limpieza 68
Cuadro 3.12. Valor actual neto de acuerdo con el cambio en la superficie silvopastoril..... 69

Índice de figuras

Figura 1.1. Modelo FPEIR de la contaminación por residuos sólidos del Cañón del Sumidero. 16
Figura 2.1. Localización del Cañón del Sumidero, Chiapas, México. 31
Figura 2.2. Matriz de clasificación de actores..... 39
Figura 2.3. Redes sociales de los actores involucrados en la contaminación por residuos sólidos del Cañón del Sumidero. 44

Introducción

La Cuenca del Cañón del Sumidero (CCS) forma parte de la cuenca media del Grijalva – Usumacinta, se encuentra ubicada en la región de la Depresión Central del Estado de Chiapas, al sureste de México; abarca una superficie de 6,700 km^2 que comprende parcial o totalmente a 16 municipios, incluyendo a la capital Tuxtla Gutiérrez. La CCS inicia en la central hidroeléctrica (CH) La Angostura y termina en la CH Chicoasén (CONAGUA, 2009). En la parte más baja de la CCS se encuentra la sección del Río Grijalva conocida como el Cañón del Sumidero. Éste constituye una formación geológica en forma de cañada de 25 km de longitud y paredes de hasta 1 km de altitud. El Cañón del Sumidero está localizado dentro del Área Natural Protegida (ANP) Parque Nacional Cañón del Sumidero (PNCS; CONANP, 2012)

Originalmente el Río Grijalva, a la altura del Cañón del Sumidero era un río de rápidos violentos. Durante la segunda mitad del siglo XX se construyeron varias centrales hidroeléctricas a lo largo de su cauce, entre ellas la presa de La Angustura (1974) y Manuel Moreno Torres, mejor conocida como Chicoasén (1980), a partir de lo cual el río se volvió navegable y se convirtió en un atractivo turístico (CONAGUA, 2009). En 1980 se creó el Área Natural Protegida Parque Nacional Cañón del Sumidero tanto por su importancia biológica, ecológica y recreativa, como por el gran valor de los servicios ecosistémicos que brinda (SEGOB, 1980). De acuerdo con la legislación mexicana, en los Parques Nacionales no se permiten actividades productivas de aprovechamiento directo de los recursos naturales, sino exclusivamente la realización de acciones de conservación, incremento, preservación, investigación y apreciación (SEMARNAT, 1988). La conservación de estos parques se considera clave para el desarrollo del país y el bienestar de la población, por lo tanto su deterioro y contaminación deben prevenirse y atenderse (Gobierno de la República, 2013).

Debido a factores como el elevado número de personas que habitan la CCS y las actividades que desarrollan, la enorme cantidad de turistas que lo visitan cada año, y la dinámica del ambiente y del territorio, el Cañón del Sumidero presenta graves problemas de contaminación a pesar de estar dentro de un Área Natural Protegida. Cada año se recogen del río en promedio alrededor de

1,800 toneladas de residuos sólidos (CONANP, 2016) de las cuales más de 95% son residuos orgánicos (madera, ramas, árboles completos, plantas pequeñas) y el resto son residuos sólidos urbanos (López-Pimentel, 2015). Estos residuos provienen de la cuenca alta y la mayoría de ellos se acumula en un área particular del río conocida como El Tapón, que se encuentra dentro del Parque Nacional.

Dicha situación de contaminación ha existido por más 15 años, generando impactos sociales y ambientales. A pesar de esto, a la fecha no ha sido suficientemente investigada ni cuenta con una solución integral. Ante este panorama las autoridades han implementado diversas acciones de atención a la problemática, siendo la más importante el saneamiento y retiro de residuos del río. Esta respuesta es sin duda útil pero no puede ser considerada como una solución definitiva al problema.

En términos generales se sabe que los residuos sólidos que se acumulan en el Cañón del Sumidero son generados en los distintos municipios de la cuenca, sin embargo, se desconocen los fenómenos y procesos específicos que los originan. Por otro lado, se sabe que los residuos sólidos generan distintos efectos no sólo sobre el ambiente natural sino también sobre diversos actores locales, sin embargo, ésta problemática social no se conoce a profundidad. Además, hasta el momento no se ha realizado ninguna investigación científica en la que se describa el estado actual de la problemática en términos económicos, ni se han evaluado cuantitativamente propuestas de atención a la misma.

Reconociendo la magnitud e importancia de la situación descrita esta investigación es analiza el problema de contaminación por residuos sólidos del Cañón del Sumidero con base en los actores involucrados, costos y beneficios económicos.

El documento está integrado por cuatro capítulos. El primero, titulado “Aplicación del modelo Fuerza motriz-Presión-Estado-Impacto-Respuesta en el análisis de la contaminación por residuos sólidos”, próximo a ser publicado como capítulo del libro “Planeación del desarrollo regional con características de sustentabilidad: propuestas para una agenda académica”, editado por el Colegio de Veracruz A.C., describe el estado actual de la problemática de

contaminación por residuos sólidos del Cañón del Sumidero en términos de sus causas, el estado del ambiente, las consecuencias sociales y ambientales, y las respuestas actuales. Adicionalmente incorpora un análisis de las propuestas de solución provenientes de diversos actores locales. Este capítulo contribuye a comprender mejor el fenómeno de acumulación de residuos en el Cañón del Sumidero, así como a reflexionar acerca de las distintas estrategias posibles de solución.

En el Capítulo 2, cuyo título es “Análisis de actores en el manejo de residuos sólidos en el Cañón del Sumidero, México”, recientemente enviado para su publicación a la Revista de Gestão Social e Ambiental, se aborda el tema de la relación entre los actores sociales locales y los residuos sólidos del Cañón del Sumidero. Para ello se caracterizaron a 21 actores locales mediante distintos criterios y se analizaron, los efectos que tienen los residuos sólidos sobre ellos, el papel que juega cada actor en la problemática, las funciones y obligaciones que tiene cada actor respecto al tema de residuos sólidos, así como las capacidades que tienen para implementar o impulsar acciones de atención al problema, entre otros aspectos. Además, se utilizó el análisis de redes sociales para estudiar algunas relaciones que existen entre los actores y que influyen de forma importante en el estado actual de la problemática.

Luego, el Capítulo 3, titulado “Análisis económico de la contaminación por residuos sólidos del Parque Nacional Cañón del Sumidero” describe la realización del análisis costo-beneficio económico de dos proyectos de atención al problema de estudio. Se identificaron los servicios ecosistémicos provistos por el PNCS y los afectados por los residuos sólidos acumulados en el Río Grijalva, así como los actores sociales involucrados. Se construyó un escenario tendencial a 10 años y se evaluó la rentabilidad económica de dos proyectos: 1) la limpieza del 90% de los residuos y 2) la sustitución de la ganadería tradicional extensiva por ganadería silvopastoril en la CCS.

Por último, en el Capítulo 4, se integran y discuten los resultados obtenidos en los capítulos anteriores.

Justificación

La realización del presente trabajo es significativa por varias razones. En primer lugar, abona a la comprensión de una problemática multifactorial que afecta a un sitio importante natural, social, cultural y económicamente como lo es el Parque Nacional Cañón del Sumidero. Esto puede servir a los manejadores del PNCS y de la CCS, y a los actores locales para entender mejor el problema de estudio y conocer detalladamente sus causas y consecuencias. Dicho conocimiento podría contribuir a empoderar a los más afectados por la situación y estimular la búsqueda de soluciones.

Segundo, los análisis realizados con base en la información generada describen un panorama más completo que el que se tenía acerca de la configuración y la dinámica entre actores en el problema de estudio, lo cual podría ser útil para que los propios actores involucrados conozcan, desde otra perspectiva, las funciones, el papel y las características propias y de los demás. Este conocimiento y comprensión podrían generar condiciones apropiadas para el acercamiento, el diálogo y la cooperación entre las partes implicadas y, por lo tanto, para la atención al problema, lo cual no solamente sería benéfico para la problemática, sino también para otros temas, asuntos y entornos que involucran a varios de los actores estudiados.

Por último, el trabajo ofrece elementos novedosos y valiosos respecto a la atención y eventual solución al problema de estudio lo que favorecería al ANP, al sector turístico, a la sociedad chiapaneca y al ambiente natural. Tales elementos, contribuirán a la discusión, la búsqueda de acuerdos, la toma de decisiones respecto a la atención a la problemática, no solamente entre los manejadores del ANP y de los distintos territorios estudiados, sino también entre los demás actores locales.

Cabe destacar que la utilidad e importancia del trabajo están asociadas a la comunicación de los resultados tanto en el ámbito académico y científico como entre los actores estudiados.

Objetivos

Objetivo general

Analizar el problema de contaminación por residuos sólidos del Cañón del Sumidero con base en los actores involucrados, costos y beneficios económicos.

Objetivos específicos

- Describir la situación de contaminación por residuos sólidos del Cañón del Sumidero.
- Caracterizar a los actores involucrados en el problema de estudio.
- Valorar los costos y beneficios de la contaminación por residuos sólidos en el Cañón del Sumidero.

Preguntas de investigación

¿Cuáles son las causas y consecuencias de la contaminación por residuos sólidos del Cañón del Sumidero?

¿Cómo se relacionan los actores locales con el estado actual de contaminación por residuos sólidos del Cañón del Sumidero?

¿La situación de contaminación por residuos sólidos del Cañón del Sumidero podría atenderse de una mejor forma en términos de costos y beneficios económicos?

Hipótesis

Las causas de la contaminación por residuos sólidos del Cañón del Sumidero son el manejo inapropiado y la disposición final inadecuada de los mismos, las consecuencias son afectaciones a diversos actores locales; las características de los actores involucrados permiten la continuidad y dificultan la solución del problema, y se podrían implementar acciones económicamente mejores para atender la situación.

1. Capítulo 1: Aplicación del modelo Fuerza motriz-Presión-Estado-Impacto-Respuesta en el análisis de la contaminación por residuos sólidos

RESUMEN

La inadecuada gestión de los residuos sólidos representa actualmente un reto ambiental a nivel global, no obstante, la contaminación generada por la acumulación de residuos en cuerpos de agua es una de las consecuencias menos estudiada. La sección del Río Grijalva denominada Cañón del Sumidero, forma parte del área natural protegida federal Parque Nacional Cañón del Sumidero, y se encuentra contaminada por residuos sólidos desde hace varios años. Aunque se han invertido considerables recursos en su saneamiento, a la fecha no se ha solucionado el problema. Este trabajo analiza la contaminación por residuos sólidos del Cañón del Sumidero, mediante el modelo Fuerza motriz-Presión-Estado-Impacto-Respuesta (FPEIR) y discute las propuestas de atención de los actores locales. El modelo emplea indicadores, obtenidos mediante la investigación documental y de campo (entrevistas semiestructuradas y observación directa). Se encontró que las fuerzas motrices son el crecimiento poblacional y las condiciones socioeconómicas desfavorables. Las presiones están relacionadas con la gestión inadecuada de los residuos sólidos y con la pérdida de vegetación. Esta situación genera impactos negativos ambientales, económicos y sociales. Las respuestas actuales aunque atienden el problema, no lo solucionan totalmente. Por su parte, los actores locales proponen otras soluciones, que requieren un conjunto de condiciones como premisas para su implementación y efectividad. Se concluye que el modelo FPEIR facilita el análisis de problemas ambientales complejos como la contaminación por residuos sólidos de los cuerpos de agua y contribuye a la búsqueda de alternativas de solución.

Palabras clave: Cañón del Sumidero; Área Natural Protegida, gestión; actores

ABSTRACT

The poor management of solid waste is nowadays an important environmental challenge, however, the pollution produced by the accumulation of solid waste in water bodies is one of its less studied consequences. The Cañón del Sumidero section of the Grijalva river lies within the federal natural protected area Cañón del

Sumidero National Park, it has been polluted with solid waste for more than ten years and many monetary resources have been allocated to its cleaning, however, no solution to this environmental problem has been reached to date. This work analyzes the Cañón del Sumidero solid waste pollution using the Driver-Pressure-State-Impact-Response (DPSIR) model and discusses the responses proposed by the local stakeholders. The information used by the indicators was obtained through bibliography and field (semi structured interviews and direct observation) research. The main drivers are population growth and disadvantageous socioeconomic conditions. The pressures are associated to the inadequate solid waste management and the loss of vegetation. This situation produces negative environmental, economic and social impacts. The current responses only partially address the problem, but do not solve it. The DPSIR model was found to facilitate the analysis of complex environmental problems such as solid waste pollution on bodies of water, and to contribute to investigating solution strategies.

Key words: Cañon del Sumidero; Natural Protected Area; management; stakeholders

1.1 INTRODUCCIÓN

Los residuos sólidos son todos aquellos materiales o productos desechados y que se encuentran en estado sólido o semisólido, o son líquidos o gases contenido en recipientes o depósitos, y que son susceptibles de ser valorizado o requieren sujetarse a tratamiento o disposición final (SEMARNAT, 2015).

Actualmente, todas las actividades de consumo y producción de bienes y servicios generan residuos, incluidos los residuos sólidos (UNEP, 2002). Éstos, dependiendo de diversas condiciones, pero en particular de la forma en que son manejados, pueden generar importantes efectos negativos al ambiente natural y a las personas (Chandrappa y Das, 2012).

La gestión integral de residuos se define como las acciones financieras, de planeación, administrativas, sociales, educativas, de monitoreo, supervisión y evaluación, para el manejo de residuos (SEMARNAT, 2015). Por su parte, el manejo de residuos comprende la reducción en la fuente, separación, reutilización, reciclaje, tratamiento, acopio, almacenamiento, transporte y disposición final de residuos (SEMARNAT, 2015). En México, los ayuntamientos son los responsables de la gestión de los residuos sólidos en

sus municipios (SEGOB, 2017), apoyados por el gobierno estatal (Secretaría General de Gobierno, 2015).

La gestión de los residuos sólidos constituye uno de los problemas ambientales más graves a escala global (Arunbabu *et al*., 2017), especialmente en los países en vías de desarrollo donde existen diversos y severos problemas que dificultan la gestión de los residuos sólidos como falta de recursos, marcos legales endebles o no aplicados, sistemas de manejo de residuos inapropiados para las condiciones locales, entre otros (van de Klundert *et al*., 2001).

A lo largo de la historia se han desarrollado varios marcos, enfoques y métodos para estudiar problemas ambientales, uno de ellos es el modelo Fuerza motriz-Presión-Estado-Impacto-Respuesta (FPEIR). Éste se creó con el objetivo de investigar problemáticas ambientales de forma integrada con un enfoque sistémico mediante la descripción de relaciones causales entre la sociedad y el ambiente (Maxim *et al*., 2009).

El modelo establece que las fuerzas motrices generan presiones sobre el ambiente natural, las cuales el estado de éste generando impactos sociales y ambientales, las personas reaccionan ante ellos ejecutando diversas acciones a manera de respuesta (EEA, 1999). Las fuerzas motrices son cambios en los sistemas sociales, económicos, políticos e institucionales que generan las presiones de forma directa o indirecta. Las presiones se definen como consecuencias económicas y ambientales de actividades humanas que tienen el potencial de generar efectos negativos en el ambiente natural. El estado es la cantidad de características físicas y químicas de los ecosistemas, de propiedades biológicas, y de funciones ambientales vulnerables a las presiones en un área determinada. Los impactos son cambios, casi siempre negativos, ambientales y sociales causados por los cambios en el estado del ambiente. Las respuestas, por su parte, se definen como las acciones provocadas directa o indirectamente por los impactos, las cuales pretenden prevenir, eliminar, compensar, reducir o adaptarse a éstos y a sus consecuencias. (Maxim *et al*., 2009)

Las respuestas se clasifican de acuerdo con el componente sobre el que inciden en prevención o reducción de presiones o fuerzas motrices; restauración o mantenimiento del estado; así como atención, adaptación o

mitigación de los impactos (Maxim, *et al*. 2009; Armijo *et al*., 2011). En el contexto particular de la gestión de los residuos sólidos se ha demostrado que la prevención es una estrategia ambiental, social y económica mejor en comparación con la restauración, mitigación y adaptación (Cheremisinoff y Ferrante, 1989; Franchetti, 2009). Por tanto, las respuestas que atienden a las fuerzas motrices y presiones son las más deseables.

Se ha utilizado el modelo FPEIR para la realización de investigaciones en tema de residuos sólidos (Armijo *et al*., 2011; Löhr *et al*., 2017), y contaminación de ecosistemas acuáticos (Skoulikidis, 2009; Lofrano *et al*., 2015). No obstante, no se encontraron trabajos que combinen ambas temáticas.

Este trabajo analiza la acumulación de residuos sólidos en el Cañón del Sumidero mediante el modelo FPEIR y las respuestas que proponen los actores locales. A pesar de que dicha problemática afecta un área protegida, uno de los principales ríos de estado, y a diversos actores, aún no se han llevado a cabo investigaciones que describan su funcionamiento de forma detallada, o que analicen propuestas de atención. Este trabajo contribuye en estos dos sentidos.

1.2 METODOLOGÍA

El área de estudio es el Cañón del Sumidero. Se encuentra localizado en la región de la Depresión Central del Estado de Chiapas, al sureste de México. Es la sección de 25 km del Río Grijalva que atraviesa el Área Natural Protegida (ANP) Parque Nacional Cañón del Sumidero (PNCS). Esta área protegida se extiende por los municipios de Tuxtla Gutiérrez, Chiapa de Corzo, Soyaló, Osumacinta y San Fernando, tiene una superficie de 217.89 km^2 y presenta una gran importancia natural y ecosistémica reconocida a nivel nacional e internacional (CONANP, 2012). Además constituye un importante destino recreativo que ha recibido turistas de más de 30 países (CONANP, 2013), y que de 2010 a 2016 acogió a más de 2,680,000 visitantes (CONANP, 2017a). Tanto el Cañón del Sumidero como el PNCS se encuentran en la parte más baja de la Cuenca del Cañón del Sumidero (CCS). Ésta se extiende por 16 municipios chiapanecos, tiene una extensión de 6,700 km^2, inicia en la Presa La Angostura y termina en la Presa Chicoasén, y es una subcuenca del Río Grijalva.

El análisis de la contaminación por residuos sólidos del Cañón del Sumidero se llevó a cabo mediante el modelo FPEIR. Primero, se identificaron las posibles fuerzas motrices, presiones y estados con base en investigación documental de investigaciones científicas y estadísticas oficiales de la CCS y del PNCS. Posteriormente, con los propósitos de determinar los impactos y las respuestas, y de validar la identificación de fuerzas motrices, presiones y estados, se realizó la investigación de campo. Esta consistió en la realización de entrevistas semiestructuradas a los 21 actores identificados por Nigenda-Morales y Travieso-Bello (2017), y en observación directa. En el Cuadro 1.1 se muestran los componentes del modelo FPEIR identificados y validados, así como los indicadores utilizados para medirlos y las fuentes de donde se obtuvo la información.

Cuadro 1.1. Componentes e indicadores del modelo FPEIR utilizados para el análisis de la contaminación por residuos sólidos del Cañón del Sumidero

Componente	Indicador	Fuente
Población (F)	Habitantes 1990 – 2015	INEGI, 1990; 2015a
	Proyección de población 2020 – 2030	CONAPO, 2017
Condiciones socioeconómicas (F)	Población en situación de pobreza	CONEVAL, 2017
	Grado de marginación	CONAPO, 2015
	Grado de rezago social	CONEVAL, 2017
Generación de RSU (P)	Generación de residuos	SNIARN, 2017
Pérdida de vegetación (P)	Superficie perdida de vegetación en la CCS 1986 – 2011	López-Pimentel, 2015
	Aplicación de sanciones a deforestación	Entrevista
Disposición inadecuada de RSU (P)	Municipios con sitios no controlados de disposición final cerca de cuerpos de agua	Entrevista; López-Pimentel, 2015
Insuficiente servicio de limpia pública (P)	Vialidades sin servicio de limpia	INEGI, 2015b
Contaminación del Río Grijalva (E)	Presencia de residuos sólidos en el Cañón del Sumidero	Observación directa
	Composición de los residuos en el Cañón del Sumidero	López-Pimentel, 2015
Daños causados por los residuos sólidos (I)	Daños a actores locales	Entrevista
	Daños a la biodiversidad	Entrevista
Limpieza del río (R)	Inversión en limpieza del río	Entrevista; CONANP, 2016
Operación de JICCAS (R)	Funcionamiento de la Junta Intermunicipal de la Cuenca del Cañón del Sumidero (JICCAS)	Entrevista

Fuente: Elaboración con base en las fuentes señaladas. Las letras entre paréntesis corresponden a los componentes del modelo FPEIR: F = Fuerza motriz, P = Presión, E = Estado, I = Impacto, R = Respuesta.

Adicionalmente, durante las entrevistas, se indagó acerca de las propuestas que los actores locales consideran adecuadas en la atención a la problemática

de estudio. Dichas propuestas se agruparon en ocho categorías y se determinó, con base en revisión bibliográfica y en la opinión especializada de los autores, los componentes del modelo FPEIR sobre los que incidirían, así como las condiciones necesarias para su aplicación.

1.3 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Fuerzas motrices

Se encontró que de 1990 a 2015 la población en los municipios de la CCS se incrementó de 656,102 a 1,215,137 habitantes (INEGI, 1990, 2015a) a una tasa de crecimiento anual promedio de 3.41%. De acuerdo con proyecciones oficiales, en 2020 y 2030 la población será de 1,297,747 y 1,405,094 respectivamente (CONAPO, 2017) lo cual representa tasas de crecimiento anual promedio de 1.36% y 1.04% respectivamente respecto a 2015.

Por otro lado, en promedio 80.6% de la población de la CCS está en situación de pobreza; 80% de los municipios tienen un grado de rezago social medio o alto (CONEVAL, 2017), y 93% tienen un grado de marginación medio, alto o muy alto (CONAPO, 2015).

Presiones

De 1986 a 2001 hubo una pérdida de vegetación en la CCS de 75,512.2 ha (12.81% de la cuenca), y de 33,951.3 ha (5.76%) entre 2001 a 2011 (López-Pimentel, 2015). Esto probablemente esté asociado al desarrollo de actividades productivas agropecuarias y forestales; y es posible debido a que la instancia encargada de sancionar la deforestación que ocasiona la pérdida de vegetación en la CCS, la Delegación Chiapas de la Procuraduría Federal de Protección al Ambiente (PROFEPA; SEGOB, 1992), reconoció, durante la entrevista, que tiene una limitada capacidad de desempeñar dicha función por falta de recursos humanos, financieros y materiales.

Un sitio no controlado de disposición final no cumple con los requisitos establecidos en la legislación mexicana, uno de los cuales es su ubicación a por lo menos 500 m de distancia de cuerpos de agua superficiales con caudal continuo (SEGOB, 2004). En la CCS, 40% de los municipios tienen sitios de disposición final que no cumplen con dicho requisito.

Asimismo, en los municipios de la CCS el total de vialidades no cubiertas por el servicio de limpia va desde 50% hasta 90% (INEGI, 2015b).

Por su parte, a nivel estatal la generación de residuos sólidos creció a una tasa promedio anual de 4.13% entre 2001 y 2012 (SNIARN, 2017). Teniendo en cuenta el cálculo de que en el territorio estatal se recolecta 90.1% - 95% de los residuos generados (SEMARNAT, 2016), y que en 2014 se recolectó 814.3 t/día de RSU en los municipios de la CCS (INEGI, 2015b), se estima que el nivel de generación de residuos para 2014 estaría entre 312,862.63 y 329,877.36 t/año. Con estos elementos se puede presumir que la generación actual de residuos sólidos en la CCS es significativamente mayor.

Estado

La acumulación de residuos sólidos en el Cañón del Sumidero ha sido registrada por diversas fuentes (CONAGUA, 2009; Gutiérrez, 2017; Romero, 2017) y fue verificada mediante observación directa durante la investigación de campo.

El punto final de la CCS es la Presa Hidroeléctrica Chicoasén, inmediatamente antes de llegar a dicho punto el Río Grijalva atraviesa el Cañón del Sumidero. Debido a la presencia de la presa, el río pierde corriente en sus últimos kilómetros. Estas condiciones ocasionan que los residuos provenientes de distintos puntos de la CCS se acumulen en el Cañón del Sumidero (Náfate, 2017). Prueba de esto es que la Dirección del PNCS retiró, entre 2009 y 2016, más de 1,700 t/año en promedio de residuos sólidos (CONANP, 2016).

La composición en peso de los residuos presentes en el Cañón del Sumidero es la siguiente: 97.4% residuos orgánicos (ramas, troncos, árboles, madera procesada) y 2.6% inorgánicos (plásticos, vidrio, aluminio, otros) (López-Pimentel, 2015).

Impactos

Los residuos acumulados en el Cañón del Sumidero producen daños directos sobre distintos actores locales (Cuadro 1.2). Éstos no sufrirían tales efectos negativos si no hubiera residuos sólidos en el Cañón del Sumidero.

Cuadro 1.2. Daños sufridos por los actores locales a causa de los residuos sólidos del Cañón del Sumidero

Actor	Descripción
Cooperativas turísticas de lancheros	Daños al sistema de propulsión de las embarcaciones durante los recorridos turísticos por atasco de residuos forestales y plásticos
Pescadores	Daños a jaulas flotantes utilizadas para cultivar peces ocasionados por los residuos forestales
Comisión Federal de Electricidad	Daños a equipos de generación de energía eléctrica por incrustaciones de residuos forestales y plásticos
Sociedad Cooperativa Nandambúa, Sociedad Cooperativa Nandiumé, Dirección del PNCS, PROFEPA, Secretaría de Protección Civil del Estado y Ayuntamiento de Chiapa de Corzo	Gastos de diversos recursos materiales, humanos y financieros en limpieza del río

Fuente: Elaboración propia.

Uno ejemplos de estos daños es la Dirección del PNCS, que entre 2012 y 2016 gastó aproximadamente $3,591,164 pesos mexicanos en mano de obra, materiales y gastos de operación para la limpieza del río (CONANP, 2017b).

Por otro lado, los residuos sólidos también afectan a diversos elementos de la biodiversidad asociada al río. Las crías de cocodrilo se suben a los residuos de madera y son transportados río abajo hacia zonas donde hay más riesgos, menos alimentos, menos refugio, lo que ocasiona su muerte y, en general una disminución en su sobrevivencia (Náfate, 2017). Las aves y los peces confunden algunos residuos de plástico con alimento; la ingesta continua ocupa espacio en su aparato digestivo impidiéndoles alimentarse, lo que frecuentemente ocasiona su muerte (Laist, 1987; Ryan, 1988). La descomposición de los residuos orgánicos presentes en el río promueve la proliferación de microorganismos que disminuyen el nivel de oxígeno disuelto en el agua, lo cual afecta a varias especies de peces y plantas acuáticas (Nesaratnam, 2014).

Respuestas

La limpieza consiste en retirar residuos sólidos del río por medio del uso de recursos humanos, materiales y financieros de distintas instancias de gobierno y empresas privadas (Cuadro 1.2). Incide directamente sobre el estado debido a que disminuye la cantidad de residuos en el Cañón del Sumidero, por lo que

se considera una respuesta de restauración o mantenimiento (Armijo *et al*., 2011).

JICCAS es una iniciativa de planeación y trabajo multi-institucional, creada en 2014 (SEMARNAT, 2014), que pretende atender los problemas de la CCS de forma integral y participativa. Está integrada por los 16 ayuntamientos de la CCS, la Secretaría de Medio Ambiente e Historia Natural, la Dirección del PNCS, el Consejo Asesor del PNCS, así como otras dependencias de gobierno y algunas empresas privadas. Dos de los objetivos de JICCAS son servir como espacio de planeación y coadyuvar en la atención a los residuos sólidos urbanos del Cañón del Sumidero. La operación de JICCAS idealmente contribuiría a la atención de dos presiones: la disposición inadecuada de RSU y el insuficiente servicio de limpia por lo que podría considerarse como una respuesta de prevención (Armijo *et al*., 2011). No obstante, de acuerdo con la información obtenida en las entrevistas, se sabe que la iniciativa se encuentra en una etapa de consolidación puesto que no todos los ayuntamientos han aportado el recurso económico para financiar la operación de la junta; por esta razón sus resultados son limitados.

Cabe mencionar que, durante las entrevistas, se obtuvo la información de que algunos actores realizan ciertas actividades que contribuyen a disminuir la cantidad de residuos que se acumulan en el Cañón del Sumidero, como reforestación, campañas de limpieza de vialidades y talleres de educación ambiental. Sin embargo, estas acciones no se realizan con el propósito de atender la contaminación del Cañón del Sumidero, ni a raíz de los impactos generados por esta última. Por esta razón, de acuerdo con la definición formal del modelo FPEIR, no pueden ser consideradas respuestas a la problemática (Maxim *et al*., 2009).

Integración del modelo

En la Figura 1.1 se muestran los componentes del modelo FPEIR para la acumulación de residuos sólidos en el Cañón del Sumidero integrados y relacionados.

Respecto a las fuerzas motrices, se encontró que el crecimiento poblacional implica demanda de recursos y generación de residuos cada vez mayores (Cheremisinoff, 2003), por lo que contribuye a la generación de RSU y a la

pérdida de vegetación, entendiendo que ésta última ocurre como resultado de la satisfacción de necesidades de recursos (forestales, agropecuarios, de vivienda). Las condiciones socioeconómicas desfavorables están asociadas con una creciente degradación ambiental y una escasa actitud de cuidado del ambiente natural (Maier, 2015), por lo que se considera que incentivan la pérdida de vegetación en la CCS. Adicionalmente, de acuerdo con Lipton (1977) el desempeño del gobierno es limitado en la medida en que las condiciones socioeconómicas de su población son desfavorables, lo cual se ve reflejado en el hecho de que hay una deficiente actuación del gobierno tanto en el servicio de limpia pública como en la disposición de RSU.

Por el lado de las presiones, la pérdida de vegetación en la CCS, que es ocasionada por el desarrollo de actividades productivas para satisfacer diversas necesidades, y es permitida por la limitada sanción de parte de PROFEPA; genera residuos forestales que son transportados, junto con otros materiales (Krieger, 2001), por la acción de la lluvia hacia el Cañón del Sumidero (López-Pimentel, 2015). La creciente generación de RSU representa una demanda de espacio para su disposición final (SEMARNAT, 2016), esta última es inadecuada en varios municipios de la CCS, lo que permite que dichos residuos lleguen a cuerpos de agua que los transportan hacia el Cañón del Sumidero. Por su parte, el insuficiente servicio de limpia puede ser el principal factor que permite que los RSU que se encuentran en las vías públicas de los municipios de la CCS, sean transportados por acción del agua de lluvia hacia el Cañón del Sumidero (López-Pimentel, 2015). En conjunto las presiones indican que hay una inadecuada gestión de los residuos sólidos (Anschütz *et al*., .2004).

Las fuerzas motrices y las presiones descritas generan las condiciones para que los residuos sólidos lleguen, se acumulen en el Cañón del Sumidero, y ocasionen daños a los actores locales y a la biodiversidad.

La limpieza del río se centra en la atención al estado, por lo que no representa una respuesta con potencial de realmente resolver el problema. Por su parte, la operación de JICCAS sí podría contribuir a la solución de la contaminación del Cañón del Sumidero porque atiende a dos presiones, sin embargo, no ha tenido logros significativos debido a la etapa de consolidación en la que se encuentra.

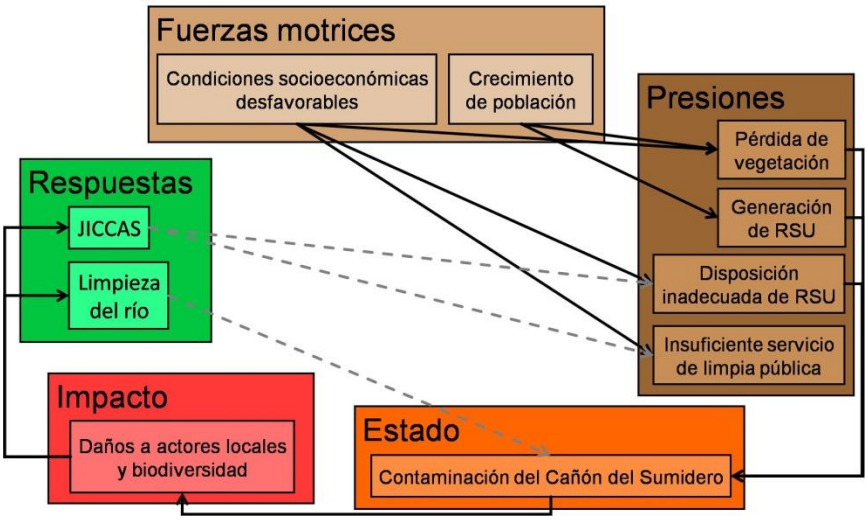

Figura 1.1. Modelo FPEIR de la contaminación por residuos sólidos del Cañón del Sumidero.
Fuente: Elaboración propia.

Propuestas

Se encontró que algunas de las propuestas (retención de residuos en cuerpos de agua y reforestación) atenderían al estado, otra (mejora del manejo de residuos por parte de las autoridades) a una presión, y el resto (sanciones ambientales, condicionamiento de programas sociales a cambio de apoyo en gestión de residuos, prevención y recuperación de residuos por parte de empresas, educación ambiental, impulso y fortalecimiento de JICCAS) incidiría sobre dos presiones simultáneamente; en resumen, ninguna propuesta podría atender a todas las presiones por sí misma. Cabe destacar que una propuesta consiste en fortalecer una de las respuestas existentes, la operación de JICCAAS; y que las propuestas de reforestación, educación ambiental y mejora del manejo de residuos coinciden con algunas de las actividades que, aunque no se consideran respuestas, ya se realizan por ciertos actores en la CCS. Mediante una revisión de la bibliografía se identificaron, a grandes rasgos, algunas condiciones necesarias que deben ser cumplidas para poder aplicar cada una de las propuestas (Cuadro 1.3).

Cuadro 1.3. Propuestas de los actores locales entrevistados para atender la contaminación por residuos sólidos del Cañón del Sumidero

Nombre de propuesta	Componente donde incide	Condiciones necesarias detectadas
Impulso y fortalecimiento de JICCAS	Presiones: disposición inadecuada de RSU, insuficiente servicio de limpia	Mayor disponibilidad e inversión de recursos por parte de sus integrantes[1] , adecuadas capacidades institucionales[2, 3]
Retención de residuos en cuerpos de agua	Estado	Estudio de factibilidad del proyecto[4]
Reforestación	Estado	Estudio de factibilidad[4]
Educación ambiental	Presiones: generación de RSU, pérdida de vegetación	Baja pobreza y rezago social[5], uso de modelos enfocados al aprendizaje y la modificación del comportamiento[6]
Sanciones a infracciones ambientales	Presiones: pérdida de vegetación y disposición inadecuada de RSU	Adecuadas capacidades institucionales de las instancias de gobierno responsables[2, 3]
Condicionamiento de programas sociales a cambio de apoyo en gestión de residuos	Presiones: inadecuada disposición de RSU y pérdida de vegetación	Esquema apropiado de apoyos sociales[3], adecuadas capacidades institucionales de las instancias de gobierno involucradas[3]
Mejora del manejo de residuos por parte de las autoridades	Presión: disposición inadecuada de RSU	Adecuadas capacidades institucionales de las instancias de gobierno responsables[2, 3]
Prevención y recuperación de residuos por parte de empresas	Presiones: generación y disposición inadecuada de RSU	Marco normativo atractivo para las empresas[3] y adecuadas capacidades institucionales de las instancias de gobierno responsables[2, 3]

Fuente: [1]Morgeson, 2014; [2]Lonsdale *et al*., 2011; [3]OECD, 2013; [4] Mesly, 2017; [5]Salequzzaman y Stocker, 2001; [6]Blumstein y Saylan, 2007.

Discusión

La atención a las fuerzas motrices en el problema de estudio puede ser, por lo menos, difícil ya que por definición las fuerzas motrices son condiciones de gran escala. Hay numerosas perspectivas que proponen distintas maneras de atender las fuerzas motrices identificadas. La reducción del crecimiento poblacional requiere grandes esfuerzos sociales, políticos, éticos, tecnológicos y culturales (Ehrlich, 1988). La atención a las condiciones socioeconómicas desfavorables se puede atender mediante acciones de descentralización, medidas fiscales y protección social (von Braun y Gatzweiler, 2014); educación ambiental (Umoh, 2010); ayuda internacional planificada (Sachs, 2005); gestión de recursos naturales (Mahanty *et al*., 2006); entre otras (e.g. Nissanke y Ndulo, 2017). Todas estas acciones podrían contribuir en la disminución de las presiones identificadas.

Por su parte, la mayoría de las presiones (generación y disposición final de residuos, así como el servicio de limpia) forman parte de la gestión integral de

los residuos sólidos (SEMARNAT, 2015). La Gestión Integral Sustentable de Residuos Sólidos (GISRS; *Integrated Sustainable Waste Management*) es un enfoque que cuya implementación podría ser útil para la mejora de dichas presiones. Éste considera dos etapas: (1) la evaluación integral del funcionamiento del sistema actual de gestión de residuos y (2) el diseño de un sistema de gestión con base en los principios de equidad, efectividad, eficiencia y sustentabilidad, así como considerando a los actores, a los elementos del manejo de residuos y las condiciones locales (van de Klundert *et al*., 2001). La GISRS afirma que, contrario a la visión convencional, los problemas de los sistemas de gestión de residuos sólidos no radican necesariamente en aspectos monetarios, materiales o tecnológicos (Anschütz *et al*., 2004); por esta razón, a pesar de que una limitante para el correcta gestión de los residuos sólidos en la CCS parece ser el recurso financiero, no forzosamente es el más importante. Por otra parte, tanto las presiones relacionadas con los RSU como la pérdida de vegetación están asociadas a la acción del gobierno, en particular a su limitada capacidad para cumplir con sus atribuciones. Esta situación podría mejorarse mediante, por ejemplo, la adopción de la perspectiva de gobernanza con enfoque en el factor humano (McCourt, 2006), la motivación de los trabajadores (Rainey y Steinbauer, 1999), el uso de indicadores de desempeño (Poister y Streib, 1999) o de eficiencia (Brown y Pyers, 1988), la planeación estratégica (Gordon, 2005).

En este punto es importante destacar que las fuerzas motrices y presiones descritas son similares en numerosas ciudades, regiones y cuencas del país, por lo que este caso de estudio puede ser representativo de dichos lugares.

Se necesita más información para conocer a detalle los impactos, en particular los que afectan a la biodiversidad ya que se desconoce su magnitud y efectos concretos a nivel local; además se desconocen los impactos indirectos que pueda estar generando la contaminación por residuos sólidos del Cañón del Sumidero.

Las respuestas pueden ser evaluadas y comparadas con las propuestas con el fin de contar con mayor información acerca de la mejor forma de atender y resolver la problemática de estudio.

De acuerdo con el análisis realizado, ninguna propuesta tiene el potencial de solucionar la problemática de estudio por sí misma. Por esta razón es necesario considerar la combinación de respuestas que atiendan, en conjunto, a todas las presiones identificadas en este trabajo, esto contribuiría a incrementar las probabilidades de realmente resolver el problema.

Hay dos situaciones que relacionan a las propuestas con las respuestas que se deben destacar. En primer lugar, el hecho de que una propuesta consista en el fortalecimiento de una respuesta ya existente (operación de JICCAS) sugiere cierto potencial de ésta última para ser apoyada y aplicada con éxito. Este puede ser un primer paso importante hacia la solución del problema. Segundo, varias propuestas (educación ambiental, reforestación y mejora del manejo de RSU) ya se ejecutan por algunos actores en la CCS, aunque esta ejecución no se considere formalmente una respuesta, lo que les brinda potencial de seguir siendo aplicadas e incluso replicarse a otras áreas donde sea necesario. Una evaluación técnica, económica y social de todas estas acciones sería muy útil para aprovechar los esfuerzos que ya se han iniciado y que pueden contribuir a atender el problema de estudio.

Por otro lado, cabe destacar que los resultados de las propuestas, en caso de que se ejecutaran, variarían en función de diversas variables como las características de los procesos y de planeación, organización, motivación, dirección y control de la propuesta (Cleland y Ireland, 2002). Es necesario tener esto en cuenta a la hora de evaluar su aplicación.

Por último, a pesar de que es importante la consideración de las opiniones de los actores locales respecto a las propuestas, al momento de evaluar la implementación de respuestas a la contaminación por residuos sólidos del Cañón del Sumidero se debe incluir acciones y estrategias provenientes de otras fuentes como estudios científicos, políticas públicas, expertos y actores externos.

1.4 CONCLUSIONES

Las fuerzas motrices y las presiones descritas parecen explicar satisfactoriamente el estado de contaminación por residuos sólidos del Cañón del Sumidero.

El estado de contaminación por residuos sólidos del Cañón del Sumidero es causado por dinámicas sociales como el crecimiento de población y las condiciones socioeconómicas desfavorables en la Cuenca del Cañón del Sumidero, y por la limitada capacidad de regulación ambiental por parte del gobierno. Estos elementos generan una inadecuada gestión de residuos sólidos tanto urbanos como forestales, lo que permite y causa que dichos residuos lleguen al Cañón del Sumidero. Esta situación genera impactos económicos, sobre diversos actores locales; y daños a elementos de la biodiversidad. De las dos respuestas al problema la limpieza del río atiende al estado del ambiente, por lo que no puede constituir una solución; por su parte la operación de la Junta Intermunicipal de la Cuenca del Cañón del Sumidero tiene el propósito de atender a dos presiones, i.e. sí podría ser considerada como una solución, no obstante, se encuentra en una etapa temprana que limita su aplicación.

Las propuestas de los actores sociales para atender la problemática son diversas y tienen distintos alcances, tienen el potencial de devenir en una solución al problema de estudio; no obstante, su ejecución requiere del cumplimiento previo de ciertas condiciones que deben ser consideradas para evaluar objetivamente su aplicación.

Se recomienda ampliar las investigaciones en los siguientes sentidos a fin de complementar el análisis de este trabajo: identificación de las actividades específicas que causan la pérdida de vegetación, caracterización de los patrones de consumo y de las actitudes del cuidado del ambiente natural de la ciudadanía de la Cuenca del Cañón del Sumidero, generación de residuos sólidos urbanos en los municipios de la cuenca, cuantificación de impactos a los actores sociales, caracterización de los impactos a la biodiversidad, identificación de más propuestas de atención a la problemática, caracterización detallada de las condiciones necesarias para ejecutar las propuestas.

1.5 REFERENCIAS

Anschütz, J., Scheinberg, A., y IJgosse, J. (2004). *Putting integrated sustainable waste management into practice* (1a ed.). Gouda, Holanda: WASTE.

Armijo, C.; Puma, A. y Ojeda, S. (2011). A set of indicators for waste management programs. En *Second International Conference on Environmental Engineering and Applications*, IPCBEE (17), pp. 144-148.

Arunbabu, V., Indu, K., y Ramasamy, E. (2017). Leachate pollution index as an effective tool in determining the phytotoxicity of municipal solid waste leachate. *Waste Management*, 68, 329-336.

Blumstein, D.T. y Saylan, C. (2007). The Failure of Environmental Education (and How We Can Fix It). *PLoS Biology*, 5(5).

Brown, R.E. y Pyers, J.B. (1988). Putting teeth into the efficiency and effectiveness of public services. *Public Administration Review*, 3(48), pp. 735-742.

Chandrappa, R. y Das, D. (2012). *Solid waste management. Principles and practice* (1a ed.). Berlin, Alemania: Springer.

Cheremisinoff, P. y Ferrante, L. (1989). *Waste Reduction for Pollution Prevention* (1a ed.). Des Plaines, Estados Unidos: Butterworth-Heinemann Ltd.

Cheremisinoff, N. (2003). *Handbook of solid waste management and waste minimization technologies* (1a ed.). Amsterdam, Holanda: Butterworth-Heinemann.

Cleland, D., y Ireland, L. (2002). *Project management*. Nueva York, Estados Unidos: McGraw-Hill.

CONAGUA. (2009). *Plan de manejo integral de la cuenca del Cañón del Sumidero*. Tuxtla Gutierrez, México: Gobierno del Estado de Chiapas.

CONANP. (2012). *Estudio Previo Justificativo para modificar el decreto del Área Natural Protegida Parque Nacional Cañón del Sumidero*. México.

CONANP. (2013). *Parque Nacional Cañón del Sumidero. Programa de uso público*. México.

CONANP. (2016). *Programa de conservación de humedales del Parque Nacional Cañón del Sumidero*. Tuxtla Gutiérrez, México.

CONANP. (2017a). *Estadísticas del destino Parque Nacional Cañón del Sumidero, aforo turístico*. México.

CONANP. (2017b). *Lista de proyectos ejecutados para la limpieza y sanemiento del Rio Grijalva al interior del Parque Nacional Cañon del Sumidero*. México.

CONAPO. (2015). *Índice de marginación por municipio 1990 – 2015*, México. Recuperado de http://www.conapo.gob.mx/es/CONAPO/Datos_Abiertos_del_Indice_de_Marginacion.

CONAPO. (2017). *Dinámica demográfica 1990-2010 y proyecciones de población 2010-2030: Chiapas*. México.

CONEVAL. (2017). *Medición de la pobreza*. Recuperado de http://www.coneval.org.mx/Medicion/Paginas/PobrezaInicio.aspx

EEA. (1999). *Environmental indicators: Typology and overview*. Copenague, Dinamarca: European Environment Agency.

Ehrlich, P. (1988). *The population bomb* (19a ed.). Nueva York, Estados Unidos: Ballantine Books.

Franchetti, M. (2009). *Solid waste analysis and minimization* (1a ed.). Nueva York, Estados Unidos: McGraw-Hill.

Gordon, G. L. (2005). *Strategic planning for local government* (1a ed.). Washington, Estados Unidos: ICMA Publishing.

Gutiérrez, O. (6 de agosto de 2017). Retiran toneladas de basura del Cañón del Sumidero. *El Universal*. Recuperado de http://www.eluniversal.com.mx/articulo/estados/2017/08/6/retiran-toneladas-de-basura-del-canon-del-sumidero

INEGI. (1990). *Censo de población y vivienda, 1990*. México.

INEGI. (2015a). *Encuesta intercensal, 2015*. México.

INEGI. (2015b). *Censo Nacional de Gobiernos Municipales y Delegacionales 2015*. México.

Krieger, D. J., 2001. *Economic value of forest ecosystem services: a review*. Washington, Estados Unidos: The Wilderness Society.

Laist, D.W. (1987). Overview of the biological effects of lost and discarded plastic debris in the marine environment. *Marine Pollution bulletin*, 68(18), pp. 319-326.

Lipton, M. (1977). *Why poor people stay poor*. (1a ed.). Canberra, Australia: Australian National University Press.

Lofrano, G., Libralato, G., Acanfora, F., Pucci, L., y Carotenuto, M. (2015). Which lesson can be learnt from a historical contamination analysis of the most polluted river in Europe?. *Science Of The Total Environment*, 524-525, 246-259.

Löhr, A., Savelli, H., Beunen, R., Kalz, M., Ragas, A., y Van Belleghem, F. (2017). Solutions for global marine litter pollution. *Current Opinion In Environmental Sustainability*, 28, 90-99.

Lonsdale, J.; Wilkins, P. y Ling, T. (2011). *Performance Auditing Contributing to Accountability in Democratic Government*. (1a ed.). Northampton, Reino Unido: Edward Elgar.

López Pimentel, A.L. (2015). *Impacto ambiental causado por residuos sólidos en el Río Grijalva, Parque Nacional Cañón del Sumidero, Chiapas* (Tesis de maestría). Universidad Nacional Autónoma de México, Ciudad de México

Mahanty, S.; Gronow, J.; Nurse, M.; y Malla, Y. (2006). Reducing Poverty through Community Based Forest Management in Asia. *Journal of Forest and Livelihood*, 5(1), 78-89

Maier, D. (2015). The great myth: Why population growth does not necessarily cause environmental degradation and poverty. *The Public Sphere*, pp: 150-158.

Maxim, L., Spangenberg, J., y O'Connor, M. (2009). An analysis of risks for biodiversity under the DPSIR framework. *Ecological Economics*, 69(1), 12-23.

McCourt, W. (2006). *The Human Factor in Governance*. (1a ed.). Nueva York, Estados Unidos: Palgrave Macmillan.

Mesly, O. (2017). *Project feasibility*. (1a ed.). Boca Raton, Estados Unidos: CRC Press.

Morgeson, F.V. (2014). *Citizen Satisfaction: Improving Government Performance, Efficiency, and Citizen Trust*. (1a ed.). Nueva York, Estados Unidos: Palgrave Macmillan.

Náfate, J., 2017 *Comunicación personal*. Tuxtla Gutiérrez, México.

Nesaratnam, S. (2014). *Water pollution control* (1st ed.). Chichester, Reino Unido: Wiley.

Nigenda-Morales, R. D. y Travieso-Bello, A. C. (2017). Contaminación por residuos sólidos en el Cañón del Sumidero: Análisis de actores. *Memorias del Congreso Internacional de Investigación Academia Journals en Ciencias y Sustentabilidad 2017*, 9(4), pp. 1393-1398.

Nissanke, M; y Ndulo, M. (2017). *Poverty Reduction in the Course of African Development*. (1a ed.). Oxford, Reino Unido: Oxford University Press.

Poister, T.H. y Streib, G. (1999). Performance measurement in municipal government: assessing the state of the practice. *Public Administration Review*, 4(59), pp. 325-335.

Rainey, H.G. y Steinbauer, P. (1999). Galloping elephants: developing elements of a theory of effective government organizations. *Journal of Public Administration Research and Theory*. 1(9), pp. 1-32.

Romero, G. (31 de Julio de 2017). Cañón del Sumidero se asfixia por basura. *Excelsior*. Recuperado de http://www.excelsior.com.mx/nacional/2017/07/31/1178765

Ryan, P G. (1988). Effects of Ingested Plastic on Seabird Feeding: Evidence from Chickens. *Marine Pollution Bulletin*, 3(19), pp. 125-128.

Sachs, J.D. (2005). *The end of poverty*. (1a ed.). Nueva York, Estados Unidos: The Penguin Press.

Salequzzaman, M., y Stocker, L. (2001). The context and prospects for environmental education and environmental careers in Bangladesh. *International Journal Of Sustainability In Higher Education*, 2(2), pp. 104-127.

Secretaría General de Gobierno. (2015). *Ley ambiental para el Estado de Chiapas*. Chiapas: Periódico Oficial del Estado de Chiapas.

SEGOB. (1992). *Reglamento Interior de la Secretaria de Desarrollo Social*. México: Diario Oficial de la Federación

SEGOB. (2004). *Norma Oficial Mexicana NOM-083-SEMARNAT-2003, Especificaciones de protección ambiental para la selección del sitio, diseño, construcción, operación, monitoreo, clausura y obras complementarias de un sitio de disposición final de residuos sólidos urbanos y de manejo especial*. México: Diario Oficial de la Federación

SEGOB. (2017). *Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos*. México: Diario Oficial de la Federación.

SEMARNAT. (2011). *Evaluación de Instrumentos Normativos del Sector Ambiental*. México.

SEMARNAT. (2014). *Se Instala La Junta Intermunicipal para la Cuenca del Cañón del Sumidero (JICCAS)*. Ciudad de México, México.

SEMARNAT. (2015). *Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos*. México: Diario Oficial de la Federación.

SEMARNAT. (2016). *Informe de la Situación del Medio Ambiente en México. Compendio de Estadísticas Ambientales. Indicadores Clave, de Desempeño Ambiental y de Crecimiento Verde, edición 2015*. México.

Skoulikidis, N. (2009). The environmental state of rivers in the Balkans—A review within the DPSIR framework. *Science Of The Total Environment*, 407(8), 2501-2516.

SNIARN. (2017). *Generación estimada de residuos sólidos urbanos por entidad federativa*. México. Recuperado de http://dgeiawf.semarnat.gob.mx:8080/ibi_apps/WFServlet?IBIF_ex=D3_RS

M01_04%26IBIC_user=dgeia_mce%26IBIC_pass=dgeia_mce&NOMBREANIO=*&NOMBREENTIDAD=Chiapas

UNEP. (2002). *Sustainable consumption: A global status report*, Paris, Francia: United Nations Environment Programme.

Umoh, T.U. (2010). Environmental Education and Poverty Reduction in Africa. *Journal of African Business*, 11(1), pp. 70–86.

van de Klundert, A., Anschütz, J., y Scheinberg, A. (2001). *Integrated Sustainable Waste Management - the Concept*. Gouda, Holanda: WASTE.

von Braun, J. y Gatzweiler, F.W. (2014). *Marginality. Addressing the Nexus of Poverty, Exclusion and Ecology*. Recuperado de www.SpringerLink.com.

2. Capítulo 2: Análisis de actores en el manejo de residuos sólidos en el Cañón del Sumidero, México

RESUMEN

La mayoría de las actividades humanas generan residuos que impactan negativamente al ambiente y a la sociedad, entre los más importantes se encuentran los residuos sólidos. Su inadecuada gestión genera, a nivel mundial, numerosos problemas socio-ambientales. En el presente trabajo se utilizó la metodología de análisis de actores y el análisis de redes sociales para estudiar las características y relaciones de los actores involucrados en la contaminación por residuos sólidos del Cañón del Sumidero, Chiapas, México. Esta zona forma parte de un área natural protegida de gran importancia ecosistémica y turística a escala nacional e internacional. Se empleó el enfoque de Gestión Integral Sustentable de Residuos Sólidos (GISRS), el cual establece que el papel de los actores relacionados con los residuos sólidos determina el funcionamiento del sistema de gestión de estos. Se encontró que los actores afectados están interesados en solucionar el problema y algunos incluso ayudan a enfrentarlo, a pesar de que no es su obligación. Hay algunos actores causantes involuntarios que no atienden el problema, mientras que otros lo hacen de forma limitada. Además, se encontraron pocos actores que realmente tienen el poder de implementar o impulsar soluciones. Por otra parte, aunque existen grupos formales de diálogo y colaboración, actualmente estos no son útiles en la organización y ejecución de las respuestas a la problemática de estudio. Se concluye que los actores presentan varios obstáculos para la implementación de una GISRS; sin embargo, existen potencialidades como la disposición a participar en una solución al problema, que manifestaron todos los actores.

Palabras clave: gestión de residuos sólidos, redes sociales, área natural protegida, Río Grijalva

2.1 INTRODUCCIÓN

El crecimiento de la población y los hábitos de consumo de las personas son factores que generan necesidades; para satisfacer muchas de ellas se ha recurrido a la producción de bienes y servicios de consumo. Estos últimos, además de contribuir al bienestar y confort de las personas, ocasionan

inevitablemente la generación de residuos que necesitan ser manejados y gestionados (Filardi *et al*., 2012), lo cual ha constituido una preocupación para las sociedades humanas desde la antigüedad (Chandrappa y Das, 2012). Los residuos sólidos se cuentan dentro de los principales tipos de residuos y en la actualidad su gestión es probablemente el problema ambiental más desafiante en el mundo (Arunbabu *et al*., 2017).

Los obstáculos más comunes a los que se enfrentan quienes se encargan de la gestión de residuos incluyen: equipo inapropiado o insuficiente; maquinaria e instalaciones de procesamiento ineficientes; costos crecientes; ingresos escasos; personal poco calificado; problemas con el sector privado; mínimo involucramiento de la ciudadanía (van de Klundert y Anschütz, 2001) y corrupción. La gestión inadecuada de los residuos sólidos genera diversos impactos sobre el ambiente natural (Chang y Pires, 2015) y sobre distintos aspectos de la sociedad, como la salud, el bienestar y la economía (Semarnat, 2016), fenómeno común y particularmente grave en los países en vías de desarrollo (Bulcão y Albano, 2010).

A pesar de que la legislación mexicana establece que debe haber una gestión integral de los residuos sólidos en la que se priorice la minimización de los residuos y se genere la menor cantidad de impactos sobre el ambiente natural (Semarnat, 2003), la mayoría de los municipios del país brindan un servicio de manejo de residuos que presenta limitaciones en al menos una de sus etapas: recolección, tratamiento y disposición final (Semarnat, 2016). Paradójicamente se continúa optando por las mismas estrategias de adquisición de maquinaria y construcción de rellenos sanitarios que, dada la escasez de recursos, en lugar de mejorar los sistemas de gestión de residuos, frecuentemente empeoran sus condiciones y perjudican al ambiente natural y a la sociedad. Un ejemplo de esto es el caso de acumulación de residuos sólidos en el Cañón del Sumidero. En este contexto, es evidente que para estudiar y resolver esta clase de problemas se requieren enfoques no tradicionales que consideren a todos los componentes del sistema de gestión de residuos (Ferreira y Dal Piaz, 2011). El objetivo de este trabajo es caracterizar a los actores involucrados en la contaminación por residuos sólidos del Cañón del Sumidero para contribuir al desarrollo de una Gestión Integral Sustentable de los Residuos Sólidos.

2.2 MARCO TEÓRICO

La Gestión Integral Sustentable de Residuos Sólidos (GISRS) es un enfoque creado para atender las necesidades en materia de residuos sólidos de los países en vías de desarrollo (Dos Muchangos *et al*., 2017). Tiene tres dimensiones: a) los actores, b) los elementos del sistema de gestión (e.g. generación, recolección, disposición, reducción, reciclaje) y c) los aspectos locales (e.g. técnicos, ambientales, económicos, sociales) (ONU-HABITAT, 2010). El enfoque reconoce que los problemas de los sistemas de gestión de residuos sólidos no radican necesariamente en aspectos monetarios, materiales o tecnológicos, en cambio considera que la dimensión principal son los actores, cuyos papeles, intereses y características determinan el funcionamiento del sistema de residuos (Anschütz *et al*., 2004). Por lo tanto, el estudio de dicho sistema requiere conocer a los actores y sus características, para lo cual existen diversas metodologías.

El análisis de actores es una metodología que sirve para comprender un sistema a través de la identificación de los actores relevantes, y el estudio de sus intereses y de las relaciones que mantienen dentro del mismo (Grimble y Chan, 1995). Se considera una herramienta muy útil para la GISRS (Anschütz *et al*., 2004). Además se puede usar en conjunto con otras metodologías como el análisis de redes sociales para investigar con más detalle las relaciones entre actores (Prell *et al*., 2009).

Las redes sociales son relaciones que vinculan a varios sujetos (e.g. individuos, grupos, instituciones) en un entorno social particular (Prell *et al*., 2009); constituyen propiedades de conjuntos de sujetos y su estudio se denomina análisis de redes sociales (Scott, 2000). Su principal herramienta es el sociograma (*sociogram*), representación gráfica de las redes sociales en la que los nodos representan a los sujetos, y las líneas, a la existencia de relaciones entre ellos (Moreno, 1934). Estas relaciones pueden ser contactos sociales, pertenencia a organizaciones, participación en eventos, entre otros (Holland, 2007).

El análisis de actores y el análisis de redes sociales han sido utilizados en conjunto en disciplinas como administración de recursos humanos (Ferrary, 2009), desarrollo urbano (Yang, 2013), construcción (Mok y Shen, 2016), acción colectiva (Teo y Loosemore, 2017) y administración de recursos

naturales (Ogada *et al*., 2017); no obstante su utilización ha sido limitada en el estudio del manejo y la gestión de residuos. Lienert *et al*. (2013) investigaron la fragmentación potencial de actores del sector de agua potable y residual en Suiza, mientras que Caniato *et al*. (2014) integraron el análisis de actores y el de redes sociales para examinar un sistema de gestión de residuos sólidos por medio del estudio de un incinerador de residuos infecciosos en Bangkok. Posteriormente, Caniato *et al*. (2015) analizaron el funcionamiento de las redes de actores del sistema manejo de residuos del sector salud en la franja de Gaza. Además, Xu *et al*. (2016) estudiaron el potencial de reciclaje y compostaje de residuos alimenticios domiciliarios con un estudio de caso en Pekín. Dos Muchangos *et al*. (2017) investigaron el papel del análisis de redes sociales y del análisis de actores en la mejora del involucramiento e interacción de actores en el sistema de gestión de residuos sólidos en la capital de Mozambique. No se encontró ningún trabajo donde se empleen ambas metodologías para el estudio de los sistemas de gestión de residuos en México.

2.3 MATERIALES Y MÉTODOS

En esta sección primero se describe el área de estudio y posteriormente la metodología empleada en la investigación.

Área de estudio

El área de estudio es el Cañón del Sumidero; se ubica en el Estado de Chiapas, al sureste de México. Es una formación geológica de 25 km de longitud, con paredes de hasta 1,000 m de altura (CONANP, 2013) en cuyo interior fluye el Río Grijalva. Tiene gran importancia social, cultural, histórica, económica y ambiental. Esta última se refleja en el hecho de que forma parte del Área Natural Protegida (ANP) Parque Nacional Cañón del Sumidero (PNCS), reserva federal que protege importantes especies silvestres, condiciones del microclima, características geológicas, y vestigios arqueológicos (Segob, 1980).

El PNCS se localiza en la región de la Depresión Central de Chiapas, con una superficie de 217.89 km^2 (CONANP, 2012), abarca los municipios de Tuxtla Gutiérrez, Chiapa de Corzo, Soyaló, Osumacinta y San Fernando (Figura 2.1). Fue designado humedal de importancia internacional por la Convención

Ramsar (Número 1,344), así como una Región Terrestre Prioritaria (RTP-141) y un Área de Importancia para la Conservación de las Aves (AICA 191) por la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO), debido a sus características únicas en términos de biodiversidad. Brinda numerosos servicios ecosistémicos: hábitat de especies, captura de carbono, regulación del clima, saneamiento de agua superficial y subterránea, protección contra la erosión, control de sedimentos, generación de biomasa (CONANP, 2012), entre otros. En 2015 el PNCS recibió a 17.6% del total de los visitantes a ANPs en México, es decir fue el ANP más visitada (CONANP, 2016), donde el principal atractivo es el recorrido en lancha por el Cañón del Sumidero. Sin embargo, el PNCS se encuentra fuertemente contaminado por aguas residuales y residuos sólidos provenientes de toda la Cuenca del Cañón del Sumidero (CCS), debido a su localización en la parte más baja de ella.

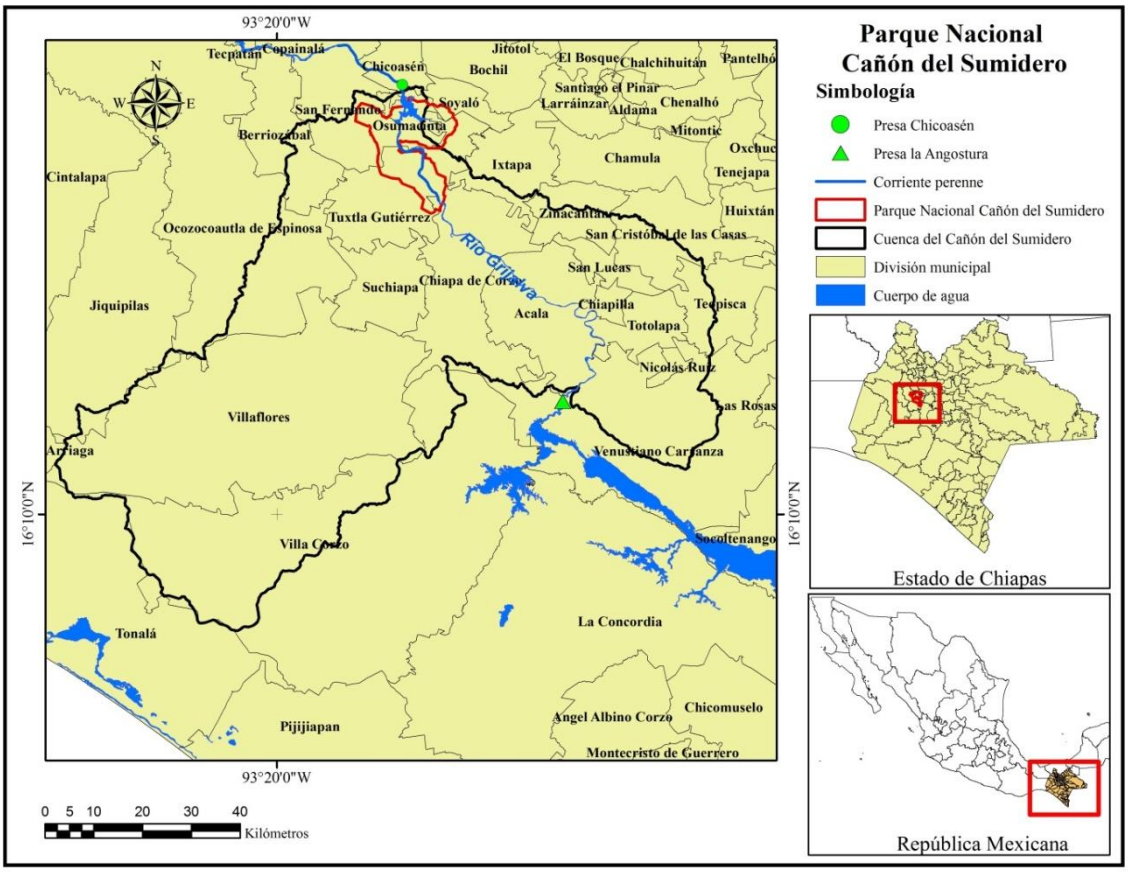

Figura 2.1. Localización del Cañón del Sumidero, Chiapas, México.
Fuente: Elaboración con información de INEGI, 2017.

La CCS tiene una extensión de 6,700 km^2 que comprende parcial o totalmente a 17 municipios chiapanecos (Figura 2.1). Inicia en la Presa Hidroeléctrica La Angostura, municipio de Venustiano Carranza, y termina 100 km río abajo, en la Presa Hidroeléctrica Chicoasén, municipio de Chicoasén. En la CCS se

encuentran Tuxtla Gutiérrez, Chiapa de Corzo y Villaflores, tres de las localidades más grandes y pobladas del estado (INEGI, 2015). La población en los municipios de la cuenca aumentó de 1,110,326 en 2010 (INEGI, 2010) a 1,215,137 habitantes en 2015 (INEGI, 2015). Las condiciones pobreza generalizada, elevada marginación y rezago social (Coneval, 2017), la diversidad de actividades económicas que se realizan en la CCS (INEGI, 2014), unido a la diversidad de instancias de gobierno con competencias en la zona, son los principales factores que generan la situación de acumulación de residuos sólidos en el Cañón del Sumidero, fenómeno que constituye el problema de estudio de este trabajo.

Metodología

Se empleó la metodología de análisis de actores (Varvazovszky y Brugha, 2000), complementada con el análisis de redes sociales (Scott, 2000), en tres etapas: identificación, caracterización y análisis de interacciones.

Análisis de actores

La identificación de actores se realizó por medio de investigación documental en notas periodísticas, documentos oficiales y publicaciones científicas. La caracterización se llevó a cabo mediante ocho criterios cualitativos (Cuadro 2.1). La información sobre función del actor y papel en la problemática fue obtenida a través de investigación documental y validada en campo; los datos de los demás criterios se adquirieron mediante investigación de campo.

El propósito del análisis de interacciones fue establecer el papel de los grupos formales de diálogo, colaboración y búsqueda de soluciones que inciden sobre el Cañón del Sumidero en la planeación y ejecución de las acciones que los actores realizan en respuesta a la problemática de estudio. Para esto se obtuvo información acerca de la participación de los actores en dichos grupos y la realización de las acciones mencionadas, a través de investigación documental y en campo.

Cuadro 2.1. Criterios de caracterización de los actores involucrados en la contaminación por residuos sólidos del Cañón del Sumidero

Criterio y fuente	Descripción	Categorías
Función del actor (Elaboración propia)	Obligaciones y responsabilidades del actor según las atribuciones de su cargo o actividad.	-
Papel en la problemática (Grimble y Wellard, 1997)	Distinción entre aquellos afectados por el problema y aquellos que lo causan	Causante, Afectado
Importancia del actor (adaptado de DFID, 2003)	Relevancia que la problemática y sus efectos tienen para el actor y su bienestar	Alta, Baja
Influencia del actor (adaptado de DFID, 2003)	Poder que tiene el actor de incidir sobre los procesos que generan y permiten la acumulación de residuos sólidos en el Cañón del Sumidero	Alta, Baja
Acciones frente al problema (Elaboración propia)	Actividades que realiza el actor y que influyen directa o indirectamente sobre la problemática y/o sus causas	-
Interés (adaptado de Schmeer, 1999)	Beneficio que obtendría el actor con una solución al problema	-
Magnitud del interés (Elaboración propia)	Nivel o grado del beneficio que tendría el actor con una solución al problema.	Nula, leve, moderada, alta
Posición respecto a una solución (adaptado de Schmeer, 1999)	Actitud del actor frente a su propia participación futura en una solución a la problemática	Apoyo, neutral, oposición

Fuente: Elaboración con base en la fuentes señaladas.

Investigación de campo

La investigación de campo consistió en la aplicación de entrevistas semi-estructuradas a los actores de junio a agosto de 2017. La elaboración y aplicación del cuestionario se realizó de acuerdo con Patton (2002). Los cuatro apartados del cuestionario trataron los siguientes temas: (1) la percepción acerca de las causas y la gravedad del problema; (2) la relación con los residuos sólidos del Cañón del Sumidero; (3) las acciones que se ejecutan frente a la problemática y (4) la solución al problema y la disposición a participar en ella. Para la aplicación de las entrevistas primero se contactó a cada actor (grupo o institución), enseguida se explicó el tema de investigación y finalmente se pidió hablar con quien la institución o el grupo considerara apropiado para responder las preguntas.

Análisis de la información

Se caracterizaron a los actores (Schmeer, 1999) con la información de los criterios de función, acciones, interés y magnitud del interés (Cuadro 2.1). Se utilizó la matriz de clasificación de actores (Taylor y Beniest, 2003; Anschütz *et al*., 2004) para analizar la influencia y la importancia. Esta tiene cuatro

cuadrantes con dos ejes, el horizontal que indica la influencia y el vertical que mide la importancia; de modo que el cuadrante A o superior izquierdo contiene a actores con baja influencia y alta importancia, el B o superior derecho contempla a aquellos con altas influencia e importancia, el C o inferior derecho comprende a los actores con alta influencia y baja importancia, y por último, el cuadrante D o inferior izquierdo contiene a aquellos con bajas influencia e importancia (ODA, 1995). Según DFID (2003) los actores de los cuadrantes A, B y C son los más relevantes para todo problema de estudio.

Se utilizaron sociogramas para analizar la información de interacciones entre actores. Scott (2000) denominó casos a los sujetos analizados y afiliaciones a los distintos entornos o contextos donde los individuos se relacionan, por lo que una red social puede tener varias afiliaciones. En el presente trabajo los casos son los actores y las afiliaciones investigadas pertenecen a dos redes sociales: (1) los grupos formales de diálogo y colaboración, y (2) las acciones que realizan para atender la problemática de los residuos. Se construyó un sociograma para cada red social, en los que se expresaron relaciones sin dirección, tomando en cuenta la pertenencia a los mismos grupos y la realización de las mismas actividades. Además, se valoraron, considerando que la relación entre dos actores tiene mayor valor si comparten más afiliaciones (Scott, 2000).

Se midieron tres parámetros utilizados comúnmente en el análisis de redes sociales: densidad, grado de conexión y nivel de inclusión. La densidad (Scott, 2000) indica el número de relaciones existentes en relación con el máximo posible y alcanza valores entre 0 y 1. El grado de conexión (*degree centrality*) expresa el nivel de conectividad de cada actor (Prell *et al*., 2009) y se compara con el grado de conexión máximo posible, considerando el número de relaciones con los demás actores y el número de afiliaciones existentes. El nivel de inclusión (*inclusiveness*) muestra el número de actores relacionados como proporción del número total de actores (Morone *et al*., 2015) y se expresa en términos porcentuales. Se utilizó el *software* Ucinet 6.0 (Borgatti *et al*., 2002) para la construcción de los sociogramas y el cálculo de los parámetros descritos.

2.4 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En esta sección se describen y discuten los resultados de la identificación y la caracterización de los actores, así como del estudio de sus interacciones.

Identificación de actores

Se realizó una identificación preliminar en donde se incluyó a todos los actores relacionados con los residuos sólidos del Cañón del Sumidero, de los cuales se eligió únicamente a los más relevantes (Schmeer, 1999).

Cabe mencionar que durante esta etapa se identificó a los actores que disponen inadecuadamente de los residuos sólidos urbanos en vías públicas y que llevan a cabo acciones de deforestación y cambio de uso del suelo en la CCS: ciudadanía, turistas, agricultores, ganaderos, invasores ilegales de predios (CONAGUA, 2009; CONANP, 2012; López-Pimentel, 2015). A pesar de que ellos son los causantes directos de los residuos sólidos no fueron considerados para este trabajo. La razón para esto fue que, al no estar constituidos en grupos organizados, su caracterización requería la inversión de una cantidad de recursos mayor a la disponible.

Se eligieron a los ayuntamientos de los municipios que López-Pimentel (2015) clasifica como prioritarios para atender la problemática de estudio, éstos son: Acala, Emiliano Zapata, Totolapa y Villaflores que tienen tiraderos a cielo abierto a menos de 500 m cuerpos de agua superficial. Por su parte las cabeceras municipales de Acala, Chiapa de Corzo, Tuxtla Gutiérrez y Villaflores se ubican a orillas de cuerpos de agua superficial y cerca del PNCS. Además, se seleccionaron a las dependencias de gobierno relacionadas con las causas de los residuos sólidos de acuerdo con López-Pimentel (2015), que son Secretaría de Campo del Estado (SECAM), Procuraduría Federal de Protección al Ambiente (PROFEPA) relacionadas con los problemas de deforestación y cambio de uso del suelo, así como Secretaría de Medio Ambiente e Historia Natural (SEMAHN) y los ayuntamientos por sus competencias en relación al manejo de residuos sólidos urbanos. Además, se seleccionaron a los a los involucrados en la conservación del Cañón del Sumidero, que son: Comisión Nacional del Agua (CONAGUA), Gerencia Operativa de la Comisión de Cuenca del Cañón del Sumidero, Dirección del PNCS y Consejo Asesor del Parque Nacional Cañón del Sumidero (CAPNCS).

Por último, se consideraron a aquellos que realizan constantemente actividades en el Cañón del Sumidero: Secretaría de Protección Civil Estatal, cooperativas de lancheros, pescadores y Comisión Federal de Electricidad (CFE).

Función, acciones, interés y magnitud del interés

De los 21 actores, 38.09% no pertenecen al gobierno, y son: 5 empresas de servicios, una empresa paraestatal, un grupo de productores y un grupo representante de la sociedad civil (Cuadro 2.2). De ellos, 50% ejecutan acciones de limpieza o prevención de residuos a pesar de que no forma parte de sus funciones; esta decisión podría deberse a cierta responsabilidad ambiental, o a la intención de minimizar los propios daños sufridos por los residuos. A pesar de que todos los actores se beneficiarían si el problema de estudio se resolviera (75% tendría un beneficio alto), 50% no realizan acciones para atenderlo; quizás porque son conscientes de que no corresponde a sus funciones, o no cuentan con los recursos necesarios para ello.

Cuadro 2.2. Caracterización de actores que no pertenecen al gobierno

Actor	Función	Acciones	Interés y magnitud del interés
CAPNCS	Promoción de medidas para mejorar la gestión del ANP. Apoyo a la dirección del PNCS en la solución de problemas en el ANP y su zona de influencia, que afecten los recursos y los pobladores locales (Semarnat, 2000)	Ninguna	Disponibilidad de invertir recursos en otras acciones[3]
Comisión Federal de Electricidad	Servicio público de energía eléctrica (CFE, 2012). Opera la presa Chicoasén	Donación de recursos para limpieza del río	Ahorro en mantenimiento[2]
Pescadores de la cuenca baja	Cultivo de especies comerciales en jaulas en la parte más baja de la CCS	Ninguna	Ahorro en reparación de jaulas[3]
Turística del Grijalva S.C.	Servicio de recorridos turísticos en lancha por el Cañón del Sumidero	Apoyo al ayuntamiento para la correcta disposición de residuos	Ahorro en reparaciones, mejor percepción de clientes[2]
S.C. Nandambúa		Limpieza del río	Ahorro en reparaciones[3]
M.T. Osumacinta		Ninguna	
Ángel Albino Corzo S.C.			Ahorro en reparaciones, mejor percepción de clientes y modernización de equipo[3]
S.C. Nandiumé		Limpieza del río	

Fuente: Elaboración propia. El superíndice numérico corresponde a la magnitud del interés: 3 = alto, 2 = moderado, 1 = bajo, 0 = nulo.

Los actores que pertenecen al gobierno corresponden al 61.91% del total (Cuadro 2.3). Los de competencia federal son la Dirección del PNCS, CONAGUA, PROFEPA; los de ámbito estatal son SEMAHN, SECAM Secretaría de Protección Civil del Estado; mientras que a nivel municipal se encuentran los ayuntamientos. La Gerencia Operativa de la Comisión de Cuenca del Cañón del Sumidero se consideró de competencia mixta. Las funciones de la mayoría de estos actores (76.92%) se relacionan con los residuos sólidos y con la conservación del ambiente natural, no obstante, varios no realizan acciones que contribuyan a cumplir sus funciones (CONAGUA) o lo hacen de forma limitada (Profepa, SEMAHN, Ayuntamientos), lo cual favorece a la persistencia del problema. Si estos actores cumplieran totalmente con sus funciones, contribuirían a resolver la problemática.

Por otra parte, 46.15% de los actores de gobierno no se beneficiarían con una solución al problema, por tanto su interés es nulo, sin embargo, llevan a cabo acciones para atenderlo (Cuadro 2.3). Esto, podría deberse a que tales acciones forman parte de sus funciones y/o se realizan con un propósito distinto a la atención de la problemática de estudio, pero tienen consecuencias positivas sobre ella. Adicionalmente, se encontró que la solución del problema de contaminación sólo beneficiaría a 46.15% de los actores de gobierno, es decir, aquellos que tienen interés (Cuadro 2.3). Esto muestra una limitación para la resolución del problema, por lo que deben promoverse incentivos que propicien el interés de los actores de gobierno, unido al cumplimiento de sus competencias.

Cuadro 2.3. Caracterización de actores pertenecientes al gobierno

Actor	Función	Acciones	Interés y magnitud
Dirección del PNCS	Conservación y protección del PNCS (Semarnat, 2000)	Limpieza del río, talleres de conservación, reforestación	Ahorro en limpieza, mayor disponibilidad recursos[3]
CONAGUA	Administración y preservación de las aguas nacionales y sus bienes públicos, con la participación de usuarios, la sociedad, y con los tres órdenes de gobierno (Semarnat, 1992).	Ninguna	Protección de los recursos hídricos del país[3]
PROFEPA	Procuración de justicia ambiental mediante la aplicación y cumplimiento expedito y transparente de la legislación ambiental federal (Segob, 1992)	Limpieza del río. Limitada sanción a deforestación y cambio de uso del suelo.	Ninguno[0]
SEMAHN	Impulso de políticas de conservación y mejoramiento del ambiente y desarrollo sustentable. Supervisión a Ayuntamientos en manejo de residuos sólidos (SEMAHN, 2017)	Apoyo técnico y limitada sanción a municipios en materia de residuos	Cumplimiento de su función de proveer un ambiente sano a la población[3]
Secretaría de Protección Civil del Estado	Realización de acciones de prevención y protección de la ciudadanía, el patrimonio y el ambiente, a través del manejo integral del riesgo (SPC, 2014)	Limpieza del río, combate de incendios.	Ahorro en limpieza, mayor disponibilidad de recursos[3]
SECAM	Generación de empleos en el campo, incremento de productividad, promoción de evaluación, capacitación, asistencia técnica, organización de productores, comercialización, reconversión productiva; incentivación de producción agrícola y ganadera en el Estado (Secam, 2014)	Ninguna	Ninguno[0]
Ayuntamiento de Acala	Servicio de limpia, recolección, traslado, tratamiento, y disposición final de residuos en el ámbito de su competencia (Segob, 2017)	Limpieza de calles. Limitado cumplimiento de sus funciones	
Ayuntamiento de Emiliano Zapata		Limpieza de arroyos, combate de incendios. Limitado cumplimiento de sus funciones.	
Ayuntamiento de Totolapa		Limpieza de calles con escuelas. Limitado cumplimiento de sus funciones	
Ayuntamiento de Chiapa de Corzo		Limpieza del río, talleres de manejo de residuos, reforestación, combate de incendios. Limitado cumplimiento de sus funciones	
Ayuntamiento de Villaflores		Convenios con empresas para prevenir residuos	
Ayuntamiento de Tuxtla Gutiérrez		Limpieza de afluentes y canales, pláticas en escuelas. Limitado cumplimiento de sus funciones	Incremento de ingresos por turismo[2]
Gerencia Operativa de la Comisión de Cuenca	Promoción de la conservación de la cuenca a través de concientización y ejecución de acciones en coordinación con dependencias de los tres órdenes de gobierno (CONAGUA, 2009).	Pláticas de cultura ambiental y conservación. Limitado cumplimiento de sus funciones	Disponibilidad de invertir recursos en otras acciones[3]

Fuente: Elaboración propia. El superíndice numérico corresponde a la magnitud del interés: 3 = alto, 2 = moderado, 1 = bajo, 0 = nulo.

Importancia, influencia y papel en la problemática

La matriz de clasificación de actores se elaboró con base en los criterios de importancia e influencia; además se incluyeron los criterios de sector y papel de cada uno en la problemática (Figura 2.2). Para evitar la obtención de información imprecisa o falsa (Foddy, 2001), no se pidió a los actores que establecieran su propia importancia e influencia, sino que se infirió con base en su experiencia y conocimiento.

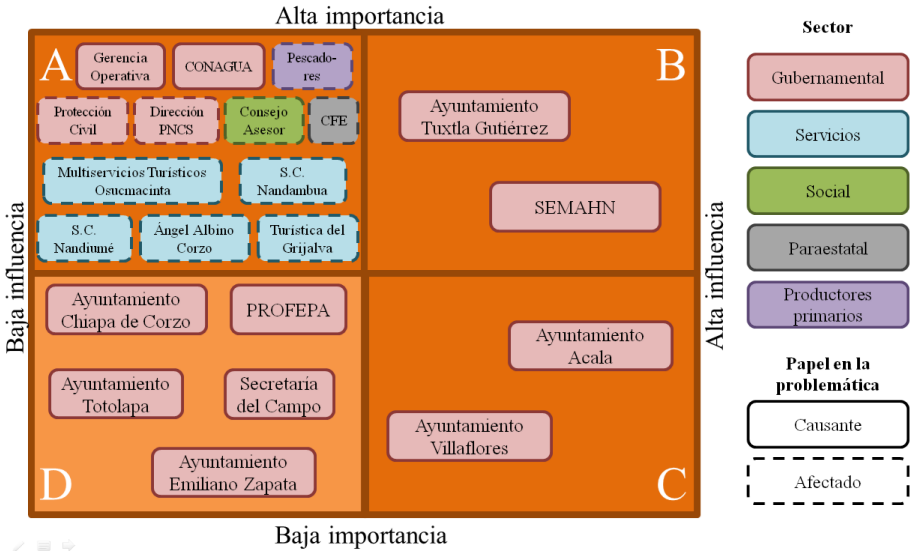

Figura 2.2. Matriz de clasificación de actores.
Fuente: Elaboración con base en ODA (1995).

Todos los actores causantes pertenecen al sector gubernamental, contribuyen al problema de manera indirecta, por ejemplo, su inacción permite la existencia del problema. Por otro lado, hay afectados en todos los sectores. La totalidad de los afectados y dos de los causantes (57.14% del total) se ubican en el Cuadrante A, el resto de los cuadrantes contienen actores causantes del sector gubernamental, equivalente a 42.86% del total.

Cuadrante A

Los residuos sólidos producen impactos negativos sobre las embarcaciones de los actores del sector servicios, quienes realizan recorridos turísticos en el Cañón del Sumidero; los equipos de generación de energía eléctrica de la presa Chicoasén, operada por CFE; y las jaulas flotantes que utilizan los pescadores de la cuenca baja. Por su parte, el CAPNCS consideró prioritaria la solución a la problemática de estudio y, como representante de la sociedad civil, reconoció que todo impacto al ambiente natural es en última instancia, un

impacto a la sociedad, por lo que se consideró afectado. La Dirección del PNCS y la Secretaría de Protección Civil cuentan con recursos limitados, de los cuales una parte es invertida en actividades de limpieza del río que podría ser utilizada en otras actividades si no hubiera residuos en el Cañón del Sumidero. La Gerencia Operativa de la Comisión de Cuenca del Cañón del Sumidero es una dependencia técnica–operativa que realiza acciones para contribuir a la atención de los residuos en el Cañón del Sumidero, sin embargo, no es suficiente para lograr una solución. La solución al problema contribuiría al cumplimiento de las funciones de CONAGUA, no obstante, su capacidad de acción es limitada debido a que cuenta con escasos mecanismos y recursos para atender la problemática. Todos estos actores, causantes o afectados, están interesados en una solución, pero no cuentan con el poder para ejecutarla.

La solución al problema no sólo debe atender los intereses de estos actores sino también contemplar estrategias para aumentar su influencia, porque no tienen la capacidad de tomar decisiones o ejercer acciones que puedan solucionar la problemática (Taylor y Beniest, 2003) a pesar de que algunos de ellos pertenecen al sector gubernamental.

Cuadrante B

El Ayuntamiento de Tuxtla Gutiérrez está interesado en contribuir a la solución de la problemática, lo cual también es su obligación (Cuadro 2.3), este es el principal tomador de decisiones a escala municipal en materia de residuos sólidos y podría impulsar fuertemente el cumplimiento de la normatividad en ese rubro. Por su parte, SEMAHN es la máxima autoridad en materia ambiental en el Estado y de esta depende el cumplimiento de la legislación en materia de residuos sólidos a nivel estatal. Por tanto, tiene una gran capacidad de llevar a cabo actividades y tomar decisiones para solucionar la acumulación de residuos en el Cañón del Sumidero, lo cual constituye una de sus prioridades.

Una propuesta de solución necesariamente requiere del apoyo de estos actores por su elevada capacidad de toma de decisiones, y su interés en resolver el problema (ODA, 1995).

Cuadrante C

Ambos actores son Ayuntamientos que se encuentran en la parte alta de la CCS. La solución de la contaminación por residuos del Cañón del Sumidero no es prioridad para ellos porque no los afecta. No obstante, el cumplimiento de su obligación de proveer un servicio adecuado de manejo de residuos sólidos en sus municipios, contribuiría significativamente a atender las causas del problema. Además, ambos llevan a cabo acciones de atención a los residuos sólidos en el Cañón del Sumidero.

Los actores del Cuadrante C tienen una alta capacidad para tomar decisiones en términos de una solución al problema de estudio, sin embargo, no constituye una prioridad para ellos. Para que se resuelva el problema se deben implementar estrategias que aseguren el involucramiento de estos actores (ODA, 1995).

Cuadrante D

De acuerdo con DFID (2003) los actores del cuadrante D deberían ser excluidos del análisis del problema; no obstante las siguientes consideraciones impiden hacerlo. Los actores pertenecen al sector gubernamental y al grupo de causantes, por lo que necesariamente tienen que incluirse. Adicionalmente, todos afirmaron, excepto SECAM, que su capacidad de cumplimiento de sus funciones y de realización de acciones de atención al problema está limitada por su disponibilidad de recursos, es decir, si tuvieran mayor cantidad de recursos dicha capacidad se incrementaría. Por otro lado, estos actores tienen baja importancia porque una solución a la problemática no los beneficiaría, de modo que resolverla no es su prioridad.

El caso de SECAM es distinto. El actor no ha realizado acciones de atención a la problemática y no se beneficiaría con una solución. Un mejor cumplimiento de sus funciones significa una mayor generación de residuos sólidos forestales porque, de acuerdo con el propio actor, los instrumentos de apoyo al campo en materia agropecuaria promueven la deforestación y la expansión de las fronteras agrícola y pecuaria. Teniendo en cuenta que este actor no tiene el poder de modificar la política agropecuaria nacional, y que la acumulación de residuos sólidos en el Cañón del Sumidero no perjudica al actor, se considera que tiene influencia e importancia bajas. Por lo tanto, a pesar de ser causante

indirecto de la problemática, se recomienda excluirlo del análisis e incluir a quien pueda modificar la política agropecuaria nacional hacia un modelo que no incentive la deforestación.

Matriz de clasificación de actores

Los actores afectados, 47.62% del total, no tienen el poder de solucionar el problema de estudio, debido a su baja influencia, lo que contribuye a que la situación continúe. Actualmente el impulso de una solución depende de un número reducido de actores, los del Cuadrante B, que constituyen 9.52% del total. En el marco de la GISRS, la toma de decisiones de estos actores respecto a una solución debe concentrarse en el involucramiento de los demás actores con alta influencia (Cuadrante C); estrechar relaciones con los actores de baja influencia y alta importancia (Cuadrante A), además de fortalecerlos para asegurar que sus intereses sean atendidos. Esto permitiría el involucramiento activo y la colaboración entre actores para la mejora del sistema de gestión de residuos en la CCS y constituiría un paso hacia la solución de la contaminación por residuos sólidos del Cañón del Sumidero.

Se requiere más información para poder estudiar el papel de los actores del Cuadrante D en la situación actual y en una posible solución futura; por tanto, se propone complementar el análisis con criterios de evaluación de recursos (Schmeer, 1999) y de capacidad institucional (Rosas-Huerta, 2008). Únicamente se recomienda excluir a uno de los actores (SECAM) y ampliar el análisis para incluir a otros cuyo papel pueda ser fundamental.

Posición respecto a una solución

Todos los actores manifestaron una posición de apoyo respecto a una solución a la acumulación de residuos en el Cañón del Sumidero. Dicho resultado es clave porque la participación de todos los actores involucrados y la colaboración entre ellos son condiciones indispensables para una GISRS (van de Klundert y Anschütz, 2001).

Grimble y Chan (1995) recomiendan asegurarse de obtener información veraz de los actores entrevistados, particularmente en preguntas hipotéticas como la disposición a participar en una solución a la problemática. Para esto, en la realización de trabajos futuros se recomienda la detección de conflictos

presentes o pasados entre actores por su influencia potencial en la toma de decisiones de colaboración (Taylor y Beniest, 2003).

Interacciones

Las dos afiliaciones identificadas en la red social de grupos formales de diálogo, colaboración y búsqueda de soluciones son la Junta Intermunicipal de la Cuenca del Cañón del Sumidero (JICCAS) y el CAPNCS (Cuadro 2.4). La JICCAS es un grupo que tiene el objetivo de apoyar en la gestión del territorio de la CCS y atender los problemas que se presentan en él. Entre sus principales metas está la formación de un equipo de trabajo técnico-operativo y la creación de un fideicomiso para la atención a las problemáticas de la CCS. El CAPNCS se consideró como una afiliación porque es un espacio de participación y colaboración constituido por distintas organizaciones, sectores e instituciones cuyo objetivo es trabajar en conjunto para la conservación del PNCS.

Cuadro 2.4. Redes sociales de actores relacionados con los residuos sólidos del Cañón del Sumidero, sus afiliaciones y parámetros medidos

Red social	Afiliaciones	Descripción	Densidad	Grado de conexión promedio	Nivel de inclusión (%)
Grupos formales de diálogo y colaboración	JICCAS	Actores que participan en JICCAS	0.22	5.43	52.38
	CAPNCS	Actores que participan en CAPNCS			
Acciones que realizan en respuesta a la problemática	Limpieza del río	Actores que realizan limpieza del río	0.38	8.28	71.43
	Prevención de residuos	Actores que realizan prevención de residuos			

Fuente: Elaboración propia.

Por otro lado, las afiliaciones de la red social de actividades que los actores realizan en respuesta a la problemática de estudio son: limpieza del río y prevención de residuos (Cuadro 2.4). A pesar de que probablemente varios actores realizan acciones de prevención con propósitos distintos a la prevención de la acumulación de residuos sólidos en el Cañón del Sumidero, tales acciones fueron tomadas en cuenta para el presente análisis.

En la Figura 2.3 se muestran los sociogramas para las redes sociales de (i) los grupos formales de diálogo y colaboración y (ii) las acciones frente a la problemática. A mayor grosor de la línea mayor cantidad de afiliaciones en

común. La forma y los colores de los nodos indican el papel en la problemática, el ámbito de acción del actor y el sector de la sociedad al que pertenece. Los actores mejor conectados aparecen como nodos más grandes.

Las redes sociales tienen una densidad baja (valores cercanos a 0) lo que indica que existen pocas relaciones respecto de las que podrían existir y se debe a la existencia de actores no conectados y a que varios tienen pocas relaciones. El grado de conexión promedio de las redes es bajo respecto al máximo (40), que significa una baja conectividad entre actores. Ambas redes también tienen un nivel de inclusión por encima del 50%, lo cual expresa que más de la mitad de los actores participan en cada red social. El grado de conexión y el nivel de inclusión indican que, si bien más del 50% de los actores están involucrados en las relaciones que existen, la mayoría de ellos comparte una sola afiliación y hay varios actores no conectados.

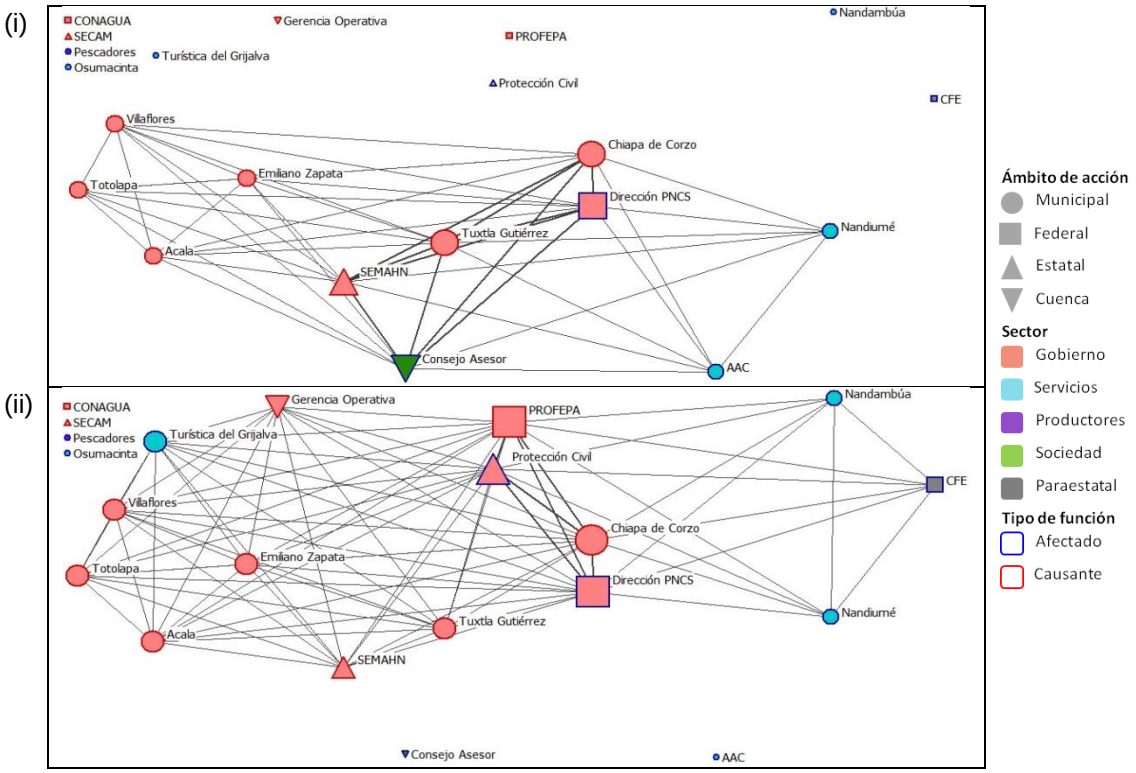

Figura 2.3. Redes sociales de los actores involucrados en la contaminación por residuos sólidos del Cañón del Sumidero.
Fuente: Elaboración propia mediante Borgatti *et al*. (2002). (i) grupos de diálogo y colaboración, (ii) acciones frente a la problemática.

Dos Muchangos *et al*. (2017) encontraron condiciones similares al analizar el sistema de manejo de residuos sólidos de la ciudad capital de Mozambique. Estos resultados apuntan a la necesidad de incrementar las relaciones entre actores, en especial los que se relaciona de forma escasa o nula, además de

las afiliaciones entre actores, especialmente en la red de grupos, que son los espacios que comparten los actores para la planeación y la colaboración. Dichos incrementos tienen el potencial de impulsar la cooperación y la búsqueda conjunta de soluciones (Prell *et al*., 2009; Rand y Nowak, 2013).

En ambas redes el sector mejor conectado es el gubernamental. De los actores afectados fuera del gobierno, únicamente 37.5% están conectados en la red de grupos y 50% en la red de acciones. Estas condiciones sugieren una inclusión desigual de los actores y una escasa oportunidad de participación para los afectados, que son quienes tendrían más razones para buscar soluciones al problema. Esta situación podría provocar que se sientan marginados de la toma de decisiones y decidan buscar formas, incluso violentas, para manifestar su desacuerdo (Anschütz *et al*., 2004).

La red de acciones está mejor conectada, lo que indica que hay un importante número de actores trabajando para atender y resolver la contaminación por residuos sólidos del Cañón del Sumidero. Sin embargo, esto no necesariamente significa que dichos actores trabajen en conjunto o en colaboración. De acuerdo con Rand y Nowak (2013), a mayor interacción entre sujetos, mayor probabilidad de que cooperen; por esta razón es importante que los actores participen en la JICCAS y en el CAPNCS. Esto podría propiciar que los actores se organicen, cooperen y planeen las actividades de prevención de residuos y limpieza del río y avancen hacia una GISRS para la CCS.

Los actores compartidos entre las dos redes representan 42.86% del total. Esta información sugiere que los grupos de diálogo y colaboración evaluados no están sirviendo para planear y ejecutar las acciones de atención a la situación de residuos sólidos en el Cañón del Sumidero. Una mejora en esta condición implicaría la ampliación de las redes de modo que se compartan más actores entre ellas.

No obstante, hay más condiciones que contribuirían a lograr que los grupos realmente sirvan para planear y ejecutar acciones de atención y solución a la problemática. Los actores que tienen mejor grado de conexión y que participan en las dos redes son Dirección del PNCS, Ayuntamiento de Chiapa de Corzo, Ayuntamiento de Tuxtla Gutiérrez y SEMAHN. Dichos actores son clave para la vinculación de ambas redes en el contexto de atención a la acumulación de

residuos en el Cañón del Sumidero. Además, considerando que el Ayuntamiento de Tuxtla Gutiérrez y la SEMAHN tienen importancia e influencia altas, podrían promover la incorporación de los actores que no están conectados (19.05% del total). Cabe mencionar que la inclusión de la totalidad de actores es una condición necesaria para la construcción de una GISRS (van de Klundert *et al*., 2001).

Dos de los actores sin conexiones son causantes y los otros dos afectados. La falta de conexiones de los causantes muestra pocas posibilidades de que se involucren en acciones para resolver el problema. Por otro lado, la carencia de conexiones de los afectados significa que no forman parte de grupos donde puedan expresar sus intereses a los demás actores, en especial a los causantes y a aquellos con alta influencia. Ambos casos contribuyen a perpetuar el problema y limitan la construcción de una GISRS (Anschütz *et al*., 2004).

Adicionalmente a las redes estudiadas, se podría complementar el análisis, investigando las redes sociales de acceso a la información, conocimiento y colaboración (dos Muchangos *et al*., 2017) que aportarían información para comprender mejor las relaciones entre actores.

2.5 CONCLUSIÓN

Como lo establece la GISRS, los actores tienen diversos intereses y funciones en el manejo de los residuos sólidos, y el presente trabajo contribuye a conocer a aquellos involucrados en la contaminación por residuos sólidos del Cañón del Sumidero, lo cual es el primer paso en dirección hacia una GISRS en la Cuenca del Cañón del Sumidero.

Se encontró que los actores identificados tienen diversos funciones, intereses y realizan distintas acciones. Hay actores afectados interesados en una solución y que atienden el problema aunque no es parte de su función; actores causantes cuya función comprende la atención al problema, sin embargo no lo atienden. Adicionalmente hay actores que están interesados en que se resuelva y que lo atienden pero de forma limitada. También se encontró un reducido número de actores con la capacidad de impulsar y ejecutar estrategias que devengan en soluciones. La investigación reveló el modo en que los actores determinan el funcionamiento del sistema de gestión de

residuos en la Cuenca del Cañón del Sumidero y permiten que la problemática de contaminación por residuos sólidos en el Cañón del Sumidero siga sin resolverse hasta la fecha.

En cuanto a las interacciones, se encontró que las dos redes tienen mucho potencial de mejora y se identificó a los actores que tienen mayor capacidad de integrar a los demás, para construir diálogo y colaborar y que, eventualmente, los grupos formales de cooperación sirvan para discutir, planear y ejecutar las acciones en respuesta al problema.

Finalmente, es importante profundizar y ampliar los análisis realizados con el propósito de comprender cada vez mejor la problemática, lo que puede contribuir a sentar las bases para soluciones reales a largo plazo, con la participación de los actores involucrados, así como propiciar la GISRS. Además, uno de los mayores retos futuros es la comunicación efectiva de los resultados a los tomadores de decisiones.

2.6 REFERENCIAS

Anschütz, J., Scheinberg, A., y IJgosse, J. (2004). *Putting integrated sustainable waste management into practice* (1a ed.). Gouda, Holanda: WASTE.

Borgatti, S.P., Everett, M.G. y Freeman, L.C. (2002). *Ucinet 6 for Windows: Software for Social Network Analysis*. Massachusetts, Estados Unidos: Analytic Technologies.

Bulcão, L., y Albano, H. (2010). O gerenciamiento de resíduos sólidos na Região Metropolitana II do Estado do Rio De Janeiro. *Revista de Gestão Social e Ambiental*, 4(2). http://dx.doi.org/10.5773/rgsa.v4i2.270

Caniato, M., Vaccari, M., Visvanathan, C., y Zurbrügg, C. (2014). Using social network and stakeholder analysis to help evaluate infectious waste management: A step towards a holistic assessment. Waste Management, 34(5), 938-951. doi: 10.1016/j.wasman.2014.02.011

Caniato, M., Tudor, T., y Vaccari, M. (2015). Understanding the perceptions, roles and interactions of stakeholder networks managing health-care waste: A case study of the Gaza Strip. Waste Management, 35, 255-264. doi: 10.1016/j.wasman.2014.09.018

Chandrappa, R. y Das, D. (2012). *Solid waste management. Principles and practice* (1a ed.). Berlin, Alemania: Springer.

Chang, N. y Pires, A. (2015). *Sustainable solid waste management*. (1a ed.). Hoboken, Estados Unidos: John Wiley & sons.

CFE. (2012). *Comisión Federal de Electricidad*. México. Recuperado de http://www.cfe.gob.mx/ConoceCFE/1_AcercadeCFE/Paginas/Misionyvision.aspx

CONAGUA. (2009). *Plan de manejo integral de la cuenca del Cañón del Sumidero*. Tuxtla Gutierrez, México: Gobierno del Estado de Chiapas.

CONANP. (2012). *Estudio Previo Justificativo para modificar el decreto del Área Natural Protegida Parque Nacional Cañón del Sumidero*. México.

CONANP. (2013). *Parque Nacional Cañón del Sumidero. Programa de uso público*. México.

CONANP. (2016). *Estrategia de turismo sustentable en áreas naturales protegidas de México*. México: Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas.

DFID. (2003). *Tools for development. A handbook for those engaged in development activity*.

dos Muchangos, L., Tokai, A., y Hanashima, A. (2017). Stakeholder analysis and social network analysis to evaluate the stakeholders of a MSWM system – A pilot study of Maputo City. *Environmental Development*, 24, 124-135. doi: 10.1016/j.envdev.2017.04.005

Ferrary, M. (2009). A Stakeholder's Perspective on Human Resource Management. *Journal Of Business Ethics*, 87(1), 31-43. http://dx.doi.org/10.1007/s10551-008-9868-z

Ferreira, G., y Dal Piaz, J. (2011). Gestão dos resíduos sólidos domiciliares urbanos: O caso do Município de Marau - RS. *Revista de Gestão Social e Ambiental*, 5(1). http://dx.doi.org/10.5773/rgsa.v5i1.248

Filardi, F., Siqueira, E., y Binotto, E. (2012). Os catadores de resíduos e a responsabilidade sócio-ambiental: A percepção sobre seu lugar social.

Revista de Gestão Social e Ambiental, 5(3). http://dx.doi.org/10.5773/rgsa.v5i3.306

Foddy, W. (2001). *Constructing questions for interviews and questionnaires. Theory and practice in social research*. (1a ed.). Cambridge, Reino Unido: Cambridge University Press.

Grimble, R. y Chan, M. (1995). Stakeholder analysis for natural resource management in developing countries. *Natural Resources Forum*, 19(2), 113-124. http://dx.doi.org/10.1111/j.1477-8947.1995.tb00599.x

Grimble, R. y Wellard, K. (1997). Stakeholder methodologies in natural resource management: a review of principles, contexts, experiences and opportunities. *Agricultural Systems*, 55(2), 173-193. http://dx.doi.org/10.1016/s0308-521x(97)00006-1

Holland, J. (2007). *Tools for Institutional, Political and Social Analysis of Policy Reform: A Sourcebook for Development Practitioners, Social Analysis*. (1a ed.). Washington, D.C., Estados Unidos: The International Bank for Reconstruction and Development / The World Bank, Washington

INEGI. (2010). *Censo de población y vivienda 2010*. México.

INEGI. (2014). *Censos económicos 2014*. México.

INEGI. (2015). *Encuesta intercensal 2015*. México.

INEGI. (2017). *Carta de uso de suelo y vegetación Serie VI*. México.

Lienert, J., Schnetzer, F., y Ingold, K. (2013). Stakeholder analysis combined with social network analysis provides fine-grained insights into water infrastructure planning processes. *Journal Of Environmental Management*, 125, 134-148. doi: 10.1016/j.jenvman.2013.03.052

López Pimentel, A.L. (2015). *Impacto ambiental causado por residuos sólidos en el Río Grijalva, Parque Nacional Cañón del Sumidero, Chiapas* (Tesis de maestría). Universidad Nacional Autónoma de México, Ciudad de México

Mok, M., y Shen, G. (2016). A network-theory Based Model for Stakeholder Analysis in Major Construction Projects. *Procedia Engineering*, 164, 292-298. http://dx.doi.org/10.1016/j.proeng.2016.11.622

Moreno, J.L. (1934). *Who Shall Survive?* (1a ed.). Washington, D.C., Estados Unidos: Nervous and Mental Disease Publishing Company.

Morone, P., Tartiu, V., y Falcone, P. (2015). Assessing the potential of biowaste for bioplastics production through social network analysis. *Journal Of Cleaner Production*, 90, 43-54. http://dx.doi.org/10.1016/j.jclepro.2014.11.069

ODA. (1995). *Guidance note on how to do stakeholder analysis of aid projects and programmes*. Recuperado de https://beamexchange.org/resources/548/

Ogada, J., Krhoda, G., Van Der Veen, A., Marani, M., y van Oel, P. (2017). Managing resources through stakeholder networks: collaborative water governance for Lake Naivasha basin, Kenya. *Water International*, 42(3), 271-290. http://dx.doi.org/10.1080/02508060.2017.1292076

ONU-HABITAT. (2010). *Solid waste management in the world's cities*. (1a ed.). Londres, Inglaterra: UN-HABITAT/Earthscan.

Patton, M. (2002). *Qualitative research & evaluation methods*. (3a ed.). Thousand Oaks, Estados Unidos: Sage.

Prell, C., Hubacek, K., y Reed, M. (2009). Stakeholder Analysis and Social Network Analysis in Natural Resource Management. *Society & Natural Resources*, 22(6), 501-518. http://dx.doi.org/10.1080/08941920802199202

Rand, D., y Nowak, M. (2013). Human cooperation. *Trends In Cognitive Sciences*, 17(8), 413-425. http://dx.doi.org/10.1016/j.tics.2013.06.003

Reed, M., Graves, A., Dandy, N., Posthumus, H., Hubacek, K., & Morris, J. et al. (2009). Who's in and why? A typology of stakeholder analysis methods for natural resource management. *Journal Of Environmental Management*, 90(5), 1933-1949. http://dx.doi.org/10.1016/j.jenvman.2009.01.001

Rosas-Huerta, A. (2008). Una ruta metodológica para evaluar la capacidad institucional. *Política y Cultura*, (30), 119-134.

Schmeer, K. (1999). *Guidelines for conducting a stakeholder analysis*. Bethesda, Estados Unidos: Partnerships for Health Reform, Abt Associates Inc.

Scott, J. (2000). *Social network analysis. A handbook*. (2a ed.). Londres, Inglaterra: Sage Publications.

SEGOB. (1980). *Decreto por el que se declara área natural protegida con el carácter de parque nacional a la región conocida como Cañón del Sumidero*. México: Diario Oficial de la Federación.

SEGOB. (1992). *Reglamento Interior de la Secretaria de Desarrollo Social*. México: Diario Oficial de la Federación

SEGOB. (2017). *Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos*. México: Diario Oficial de la Federación.

SEMAHN. (2017). *Gobierno del Estado de Chiapas. Secretaría de Medio Ambiente e Historia Natural*. México. Recuperado de http://www.semahn.chiapas.gob.mx/portal/conocenos/que_hacemos

SEMARNAT. (1992). *Ley de aguas nacionales*. México: Diario Oficial de la Federación.

SEMARNAT. (2000). *Reglamento de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente en materia de Áreas Naturales Protegidas*. México: Diario Oficial de la Federación.

SEMARNAT. (2003). *Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos*. México: Diario Oficial de la Federación.

SEMARNAT. (2016). *Informe de la Situación del Medio Ambiente en México. Compendio de Estadísticas Ambientales. Indicadores Clave, de Desempeño Ambiental y de Crecimiento Verde. Edición 2015*. México.

SPC. (2014). *Gobierno de Estado de Chiapas. Secretaría de Protección Civil*. México. Recuperado de http://www.proteccioncivil.chiapas.gob.mx/mision-y-vision

SECAM. (2014). *Gobierno de Estado de Chiapas. Secretaría del Campo del Estado*. México. Recuperado de http://www.secam.chiapas.gob.mx/mision-vision

Taylor, P., y Beniest, J. (2003). *Training in agroforestry. A toolkit for trainers*. (1ª ed.). Nairobi, Kenya: World Agroforestry Centre

Teo, M., y Loosemore, M. (2017). Understanding community protest from a project management perspective: A relationship-based approach. *International Journal of Project Management*, 35(8), 1444-1458. http://dx.doi.org/10.1016/j.ijproman.2017.08.004

van de Klundert, A., Anschütz, J., y Scheinberg, A. (2001). *Integrated Sustainable Waste Management - the Concept*. Gouda, Holanda: WASTE.

Varvasovszky, Z., y Brugha, R. (2000). A stakeholder analysis. *Health Policy And Planning*, 15(3), 338-345. doi: 10.1093/heapol/15.3.338.

Yang, R. (2013). An investigation of stakeholder analysis in urban development projects: Empirical or rationalistic perspectives. *International Journal Of Project Management*, 32(5), 838-849. http://dx.doi.org/10.1016/j.ijproman.2013.10.011

3. Capítulo 3: Análisis económico de la contaminación por residuos sólidos del Parque Nacional Cañón del Sumidero

RESUMEN

La contaminación por residuos sólidos genera impactos negativos sobre los servicios ecosistémicos y, en consecuencia, sobre el bienestar de las personas que dependen de ellos. Un ejemplo de lo anterior es el caso de la sección del Río Grijalva que atraviesa el Área Natural Protegida Parque Nacional Cañón del Sumidero (PNCS) en el estado de Chiapas que se encuentra gravemente contaminada por residuos sólidos. En este trabajo se determinaron los impactos de la contaminación por residuos sólidos en el PNCS sobre los servicios ecosistémicos de turismo, generación de energía y degradación de residuos, y se evaluaron los efectos de dos propuestas de proyectos mediante un análisis costo-beneficio económico. Se encontró que, durante el periodo de estudio, la situación sin proyecto generaría beneficios netos superiores a los $39,000,000,000 MXN. También se halló que ambos proyectos planteados serían económicamente más rentables y que cada uno tendería efectos distintos sobre los actores considerados. La distribución de estos efectos entre los actores estudiados podría ayudar a explicar la falta de implementación. Adicionalmente los resultados muestran que el proyecto más rentable es una estrategia de mitigación, i.e. no es una solución real al problema porque no atiende a sus causas. Para investigaciones posteriores se recomienda incluir más servicios ecosistémicos y actores, con el propósito de captar la totalidad de los cambios en el bienestar generados por ambos proyectos. El análisis económico realizado ofrece información valiosa para nutrir la discusión dentro de la toma de decisiones acerca de la atención al problema de los residuos sólidos en el Parque Nacional Cañón del Sumidero.

Palabras clave: Análisis costo-beneficio, Área Natural Protegida, servicios ecosistémicos, actores locales, manejo de residuos, Río Grijalva.

3.1 INTRODUCCIÓN

En la actualidad todos los sectores de la economía y todos los integrantes de la sociedad, en mayor o menor medida, generan residuos sólidos (OECD, 2015). El modelo económico es la principal causa de la incesante y creciente generación de residuos sólidos que caracterizan a la sociedad moderna

(Worrell y Vesilind, 2012) por dos razones. Por un lado fomenta y promueve el consumo de bienes materiales como un requisito para la satisfacción de necesidades y para la adquisición de una mejor calidad de vida, y por otro lado permite la producción y manufactura a bajo costo de bienes desechables o de corta vida útil (Giusti, 2009).

La generación de residuos sólidos no representa un problema por sí misma ya que si éstos son manejados adecuadamente, pueden servir como recursos y ayudar a generar actividad económica mediante producción de composta, generación de energía, recuperación de materiales reutilizables y reciclables (e.g., Pathak *et al*., 2017, Campos-Montiel *et al*., 2018). En cambio, si los residuos sólidos no se manejan de forma apropiada, como ocurre en la mayoría de los países en desarrollo (van de Klundert *et al*., 2001), pueden llegar a generar contaminación (Reyna-Bensusan *et al*., 2018) cuyos efectos son: incremento en riesgos a la salud (Peter *et al*., 2018), favorecimiento de la proliferación de fauna nociva (Marateo *et al.*, 2013), liberación de gases de efecto invernadero (GEI; Ramachandra *et al*., 2018) y de sustancias agotadoras de ozono (Molina y Rowland, 1974), deterioro de diversos elementos del ambiente natural (Chang y Pires, 2015), y menoscabo de diversos servicios ecosistémicos. El enfoque del presente trabajo se centra en éste último.

Los servicios ecosistémicos son los beneficios que los seres humanos obtienen del ambiente natural y de cualquiera de sus componentes (Grizzetti *et al*., 2016). Los efectos de los residuos sólidos sobre los servicios ecosistémicos son diversos y dependen del medio donde se encuentren dichos residuos. En el Cuadro 3.1 se resumen los principales medios contaminados o fuentes de contaminación por residuos sólidos y su impacto sobre los servicios ecosistémicos.

Cuadro 3.1. Fuentes de contaminación por residuos sólidos y servicios ecosistémicos afectados

Fuente de residuos sólidos	Impacto sobre los servicios ecosistémicos
Tiradero a cielo abierto	Disminución de la calidad del aire
	Liberación de GEI (principalmente CH4)
	Contribución a la proliferación de enfermedades (vectores)
	Deterioro del valor estético del paisaje
Suelos y subsuelo	Disminución de la capacidad de provisión de nutrientes del suelo
Cuerpos de agua	Disminución en la provisión de alimentos (pesca)
	Disminución en la provisión de agua dulce
	Disminución de la capacidad de regulación de la calidad del agua
	Deterioro del valor estético del paisaje
	Detrimento del valor recreativo y turístico

Fuente: Elaboración con información de MEA (2005).

Los servicios ecosistémicos son el principal vínculo entre seres humanos y ambiente natural, de modo que los efectos de la contaminación por residuos sólidos sobre aquellos impactan el bienestar de las personas y comunidades que dependen de dichos servicios. La severidad de estos impactos depende de las relaciones específicas entre las personas y el entorno natural que les brinda los servicios; si la relación es estrecha (e.g. una comunidad cuyo principal medio de vida dependa de uno o varios servicios ecosistémicos), una mínima alteración podría tener efectos catastróficos sobre el bienestar social. A esto se suma el hecho de que las comunidades en relación más directa y cercana con el ambiente natural, sus recursos y servicios a menudo forman parte de los estratos más pobres (TEEB, 2010). Lo anterior hace evidente la necesidad, no sólo de proteger y asegurar la provisión de los servicios ecosistémicos, sino también de conocer y atender las afectaciones que éstos sufren a causa de factores como la contaminación por residuos sólidos. Existen numerosas metodologías para estudiar dichas afectaciones, una de ellas es el Análisis costo-beneficio (ACB).

El ACB es una herramienta que puede ser utilizada para evaluar los efectos de distintos proyectos de solución a través de la comparación de las ventajas (beneficios) y los inconvenientes (costos) que estos generarían sobre la sociedad. El propósito fundamental de este análisis es comparar alternativas para determinar la mejor, teniendo en cuenta su contribución a la economía (Kopp *et al*., 1997). Existen dos tipos principales de ACB, el privado o

financiero y el público o económico (Cuadro 3.2), siendo este último el que se utilizó en el presente trabajo.

Cuadro 3.2. Criterios considerados por tipo de análisis costo – beneficio

Criterio	Económico (sector público)	Financiero (sector privado)
Perspectiva	Sociedad	Inversionista
Criterio de decisión	Valor Actual Neto	Tasa Interna de Retorno
Horizonte temporal	Vida útil del proyecto	Corto plazo
Efectos externos	Considerados tanto como sea posible	No considerados

Fuente: RETD, 2013.

Si bien es cierto que ambos tipos de ACB evalúan la implementación de proyectos, la principal diferencia es que el financiero solamente considera las ganancias y pérdidas monetarias de un ente, a menudo una empresa, mientras que el económico contempla los efectos en el bienestar sobre toda la sociedad (Azqueta-Oyarzun *et al*., 2007).

En México, la generación de residuos sólidos ha crecido 61.2% entre 2003 y 2015 (SEMARNAT, 2016). La legislación y normatividad ambientales establecen la prevención como la estrategia prioritaria para atender las problemáticas asociadas a los residuos sólidos (SEMARNAT, 2015), ordenan la implementación de esquemas de gestión integral de residuos (SEMARNAT, 2015), reglamentan las características de los sitios de disposición final de residuos sólidos (SEMARNAT, 2004), consideran el principio de “el que contamina paga” (SEMARNAT, 2013; 2015) contemplan las obligaciones que deben cumplir los generadores de cada tipo de residuos (SEMARNAT 2014; 2015); y establecen las sanciones aplicables a quienes generen contaminación por residuos sólidos (SEMARNAT, 2014) y a las autoridades que lo permitan mediante el incumplimiento de sus responsabilidades (SEGOB, 2016). A pesar de esto, una gran cantidad de poblaciones y comunidades en todo el país no cuentan con un adecuado sistema de gestión de residuos sólidos (SEMARNAT, 2016), lo que genera contaminación del ambiente natural y, consecuentemente, afectaciones a distintos sectores de la sociedad mexicana (Buenrostro y Bocco, 2003).

Problema de estudio: Parque Nacional Cañón del Sumidero

El Parque Nacional Cañón del Sumidero (PNCS) fue creado por decreto presidencial en 1980 por su alto valor biológico, geológico, climático, arqueológico y cultural (SEGOB, 1980). Es un Área Natural Protegida (ANP)

federal que se extiende por 21,789 ha localizadas entre los 16°44’00” y 16°56’00” latitud norte y los 93°00’ y 93°11’ longitud oeste, en la Región Centro del estado de Chiapas (CONANP, 2013). Se localiza en la parte más baja de la denominada Cuenca del Cañón del Sumidero (CCS), subcuenca del Río Grijalva que se extiende por 16 municipios chiapanecos (CONAGUA, 2009).

El Río Grijalva atraviesa el PNCS a lo largo de 32 km y, en una sección conocida como El Tapón, está permanentemente contaminado por residuos sólidos (CONAGUA, 2009). Los factores que determinan esta situación son diversos (e.g. las inadecuadas gestión y disposición de residuos en la cuenca alta, la acción del agua de lluvia y de los cuerpos de agua que transportan dichos residuos cuenca abajo, la ubicación del PNCS en la parte inferior de la CCS). De acuerdo con López-Pimentel (2015) 97.4% de los residuos acumulados en el Río Grijalva corresponde a residuos sólidos orgánicos (ramas, troncos, árboles, madera procesada) y 2.6% a inorgánicos (plásticos, vidrio, aluminio y otros materiales). Los residuos orgánicos son generados por actividades productivas en la cuenca alta mientras que los inorgánicos provienen de sitios de disposición final o de vías públicas (López-Pimentel, 2015) razón por la que, de acuerdo con la legislación mexicana, los primeros podrían ser clasificados como residuos de manejo especial y los segundos como residuos sólidos urbanos (SEMARNAT, 2015).

La Dirección del PNCS ha retirado anualmente en promedio más de 1,800 ton de residuos entre 2009 y 2016 (CONANP, 2016a), no obstante, se desconoce la cantidad total de residuos que contaminan el PNCS. Estos residuos afectan negativamente no sólo a las relaciones ecológicas y características fisiológicas de las especies del ANP, sino también a los servicios ecosistémicos que genera. López-Pimentel (2015) determinó cualitativamente algunos de los impactos generados por los residuos sólidos sobre siete elementos naturales (paisaje, suelo, calidad del agua, selva mediana subcaducifolia, aves, cocodrilos, peces) y sobre cinco factores socioeconómicos (pesca, generación de energía eléctrica, empleo temporal, actividad turística, salud y seguridad) asociados al PNCS; de acuerdo con los resultados la evaluación total de los impactos es de magnitud moderada. Por ejemplo, la generación de energía en la Central Hidroeléctrica (CH) Chicoasén a cargo de la Comisión Federal de Electricidad (CFE) es afectada negativamente debido a daños en los equipos

de generación de energía. Por su parte, las embarcaciones de cooperativas turísticas de lancheros sufren averías y daños por los residuos sólidos durante sus recorridos el Río Grijalva. A pesar de esto, se desconoce la magnitud de los efectos económicos sobre los servicios ecosistémicos que ofrece el PNCS y, por lo tanto, sobre el bienestar de la sociedad. Asimismo, no se ha realizado ningún estudio que evalúe los efectos potenciales de proyectos de atención a la problemática.

En el presente trabajo se realizó un ACB económico de dos propuestas de proyectos en el que se consideraron impactos sobre cuatro actores locales ligados a tres servicios ecosistémicos ofrecidos por el PNCS. Los objetivos de la investigación son los siguientes: (1) estimar la situación económica de cuatro actores locales en un escenario sin atención a la contaminación en el Cañón del Sumidero, (2) cuantificar los efectos que tendrían las dos propuestas de proyectos sobre dichos actores, y por último (3) determinar la rentabilidad económica de los proyectos analizados.

3.2 MATERIALES Y MÉTODOS

Análisis costo-beneficio

El propósito de todo ACB es evaluar al menos un proyecto de intervención con base en los costos y beneficios que generaría su implementación. Las etapas del análisis son las siguientes: (1) definición del proyecto, que consiste en determinar la acción que se analizará, los actores a considerar y el periodo de tiempo; (2) identificación de los impactos, donde se detecta la forma en que el proyecto modificará la asignación de recursos, estos cambios se traducen a magnitudes físicas y se seleccionan los que sean relevantes para el ACB; (3) valoración de los impactos, que implica la expresión de los impactos en términos monetarios para que puedan ser agregados; (4) descuento de los flujos de costos y beneficios, que consiste en calcular el valor de costos y beneficios considerando el efecto del tiempo; (5) prueba de valor actual neto (VAN), que no es más que la comparación entre la magnitud de los costos y de los beneficios generados; y (6) análisis de sensibilidad, donde se incorpora la incertidumbre de las variables utilizadas en el cálculo de escenarios para considerar un mayor rango de posibles resultados del proyecto (Hanley, 2013). La aplicación de este tipo de análisis asume que todos los impactos de los proyectos pueden ser medidos y traducidos a términos monetarios, que el valor

de los bienes disminuye en función del tiempo y que los costos y los beneficios pueden ser directamente comparables (Zerbe y Bellas, 2006).

En este trabajo se realizó análisis costo-beneficio económico de acuerdo con Hanley (2013). Se construyeron tres escenarios: la situación sin proyecto (escenario tendencial) y dos proyectos. Considerando que el ACB realizado es de tipo económico y que, de acuerdo con REPD (2013) el principal criterio para determinar la rentabilidad económica es el VAN, se calculó este indicador por actor por escenario. Adicionalmente se estimó la relación beneficio/costo por escenario.

El VAN expresa la diferencia entre costos y beneficios (i.e. los beneficios netos) considerando el efecto del tiempo en el valor del dinero. Se utiliza para determinar si un proyecto es rentable se estima a través de la Ecuación 1 (Hanley y Barbier, 2009).

$$VAN = \Sigma(B_t - C_t)(1+i)^{-t} \quad (1)$$

Donde, *Bt* y *Ct* son los beneficios y costos respectivamente en el periodo *t*, e *i* es la tasa de descuento. Si VAN > 0, se dice que el proyecto es una asignación eficiente de los recursos porque los beneficios son mayores que los costos.

La relación beneficio/costo (RBC) no es más que el cociente entre los beneficios descontados y los costos descontados, y expresa la diferencia de magnitud que existe entre ellos. Si RBC > 1, el proyecto se considera rentable; si RBC < 1, no es rentable y, si RBC = 1, el proyecto no genera ni costos ni beneficios netos (Azqueta-Oyarzun *et al*., 2007).

Proyectos

Debido a la limitada información que existe acerca de la problemática de estudio, algunos aspectos del diseño de las propuestas de proyectos se establecieron con base en opiniones de expertos y no en datos reales medidos.

El primer proyecto, denominado Proyecto de Limpieza, consistiría en el retiro de 90% de los residuos sólidos acumulados en el Cañón del Sumidero por parte de la Dirección del Parque Nacional Cañón del Sumidero (Gobierno Federal). La limpieza del Cañón del Sumidero es considerada como una estrategia de atención por CONAGUA (2009), López-Pimentel (2015), así como

por algunos actores locales entrevistados por Nigenda-Morales y Travieso-Bello (2017), incluido el personal de la Dirección del PNCS. Debido a que se desconoce la cantidad total de residuos que llegan anualmente al Río Grijalva, se utilizó información de Náfate (2017) acerca de la cantidad de recursos materiales, financieros y humanos necesaria para retirar 90% de los residuos del PNCS. El escenario considera que los efectos negativos ocasionados por los residuos sólidos se reducen en 50% durante el primer año y en 90% del segundo año en adelante.

El segundo proyecto consiste en la sustitución de los sistemas ganaderos tradicionales extensivos en la CCS por sistemas silvopastoriles y se denominó Proyecto Silvopastoril. Este obedece a que CONAGUA (2009), López-Pimentel (2015) y algunos actores locales afirman que la deforestación y la pérdida de vegetación provocadas por actividades productivas en la CCS son las responsables de la generación de los residuos sólidos forestales que se acumulan en el Cañón del Sumidero. Considerando que el suelo de tipo ganadero fue el que más creció en la CCS entre 2011 y 2017 (INEGI, 2013, 2017) para la elaboración del ACB se asumió que toda la deforestación en la CCS en dicho periodo fue causada por la ganadería bovina extensiva y que continúa creciendo a ritmo constante. El Proyecto Silvopastoril contempla la sustitución gradual de la superficie de expansión de la ganadería bovina extensiva por ganadería silvopastoril. Se consideró que cada año la superficie deforestada es 10% menor, que la superficie que no se deforesta para producción ganadera tradicional es convertida a ganadería silvopastoril, y se asumió que esta disminución es directamente proporcional a la disminución en los efectos negativos generados por los residuos sólidos que contaminan el Río Grijalva.

Identificación de impactos, costos y beneficios

Se construyó un escenario sin proyecto en el que la situación de contaminación se mantendría bajo las condiciones actuales predominantes. Además se detectaron los impactos que tendrían los proyectos sobre la acumulación de residuos sólidos en el Cañón del Sumidero y se estimaron los escenarios correspondientes. Para esto, y para el posterior cálculo de costos y beneficios, se identificaron los servicios ecosistémicos brindados por el río, la clase de

servicio ecosistémico (MEA, 2005), el tipo de valor (TEEB, 2010) y los actores relacionados con ellos como se muestra en el Cuadro 3.3.

Cuadro 3.3. Servicios ecosistémicos ofrecidos por el Río Grijalva y tipo de valor asociado

Tipo de valor[1]	Servicio ecosistémico[1]	Tipo de servicio ecosistémico[2]	Actores relacionados
Uso directo	Turismo y recreación	Cultural	Cooperativas, turistas, Gobierno Federal
	Generación de energía	Provisión	CFE
	Degradación de residuos	Regulación	Sociedad, gobierno municipal y estatal
	Alimento	Provisión	Acuicultores
	Agua dulce	Provisión	Gobierno municipal
Uso indirecto	Regulación del microclima	Regulación	Sociedad
	Regulación de la calidad del agua	Regulación	Sociedad, gobierno municipal y estatal
	Regulación del flujo de agua	Regulación	Sociedad
De legado	Valor estético	Cultural	Turistas, pobladores locales
Altruista	Turismo y recreación	Cultural	Turistas
De existencia	Valor estético	Cultural	Sociedad

Fuente: Elaboración con base en [1]TEEB (2010) y [2]MEA (2005).

Posteriormente se determinaron los servicios ecosistémicos a considerar. Primero, el PNCS fue el ANP con mayor visitación a nivel nacional en 2015 (CONANP, 2016b) lo que demuestra la importancia del turismo. Se tomó en cuenta a las cooperativas turísticas que ofrecen recorridos por el río. No se consideró a los turistas porque, según Ballinas-Coronel *et al*. (2014), 93% de los visitantes calificaron su visita por el río como Excelente (la mayor calificación posible de acuerdo con el estudio citado) y 100% manifestaron que recomendarían a otras personas realizar el recorrido turístico. Debido a esto se asumió que los residuos sólidos no generan ningún detrimento en la satisfacción de los turistas. En segundo lugar, la CH Chicoasén es la más grande del país y la generación de energía eléctrica en ella se ve seriamente afectada por los residuos sólidos, por lo que se consideró el servicio ecosistémico de generación de energía. Tercero, respecto al servicio de degradación de residuos que ofrece el Río Grijalva, se consideró únicamente a los ganaderos debido a que casi la totalidad de los residuos sólidos que contaminan el PNCS son orgánicos y a que la expansión de la ganadería en la CCS es en buena parte responsable de su generación. Por otro lado, de acuerdo con la investigación documental se encontró que los residuos sólidos generan gastos de limpieza al Gobierno Federal, a través de la Dirección del Parque Nacional Cañón del Sumidero, por lo que también se consideró a dicho

actor. En el Cuadro 3.4 se muestran los impactos de los proyectos sobre los actores descritos.

Cuadro 3.4. Servicios ecosistémicos relacionados con cada actor e impactos que generan los proyectos sobre éstos

Servicio ecosistémico	Actor	Sin proyecto	Limpieza	Silvopastoril
Turismo	Cooperativas turísticas	Pago de reparaciones	Ahorro en reparaciones	Ahorro en reparaciones
Generación de energía	Comisión Federal de Electricidad	Pago de penalizaciones y reparaciones. Pérdida de energía.	Ahorro en penalizaciones y reparaciones. Mayor generación de energía.	Ahorro en penalizaciones y reparaciones. Mayor generación de energía.
Degradación de residuos	Ganaderos de la CCS	Disposición de residuos sólidos orgánicos	Disposición de residuos sólidos orgánicos	Menor generación de residuos. Gastos de producción
-	Gobierno Federal	Gasto en limpieza del río	Mayor gasto en limpieza del río	Menor gasto en limpieza del río

Fuente: Elaboración propia.

De acuerdo con la información obtenida acerca de cada actor, se determinaron los conceptos a incluir en el análisis (Cuadro 3.5).

Cuadro 3.5. Concepto y tipo de concepto considerado por actor para el análisis costo-beneficio

Actor y fuente	Concepto	Tipo
Gobierno Federal (CONANP, 2016a; 2017; Náfate, 2017)	Gastos en limpieza (materiales, equipo, mano de obra)	Costo
	Ingresos por visitación al ANP	Beneficio
CFE (entrevista, López-Pimentel, 2015)	Gastos de generación de energía eléctrica	Costo
	Penalizaciones por energía no entregada	Costo
	Ingresos por generación de energía eléctrica	Beneficio
Cooperativas turísticas de lancheros (entrevista, CONANP, 2017)	Gastos en reparaciones	Costo
	Ingresos por visitación	Beneficio
Ganaderos (Quintero-Salazar *et al*., 2017; Apan-Salcedo, 2015; 2018)	Gastos de producción (ganadería tradicional)	Costo
	Ingresos por venta de la producción (ganadería tradicional)	Beneficio
	Gastos de producción (ganadería silvopastoril)	Costo
	Ingresos por venta de la producción (ganadería silvopastoril)	Beneficio
	Inversión de conversión a sistema silvopastoril	Costo

Fuente: Elaboración propia con base en las fuentes señaladas.

Consideraciones económicas y de bienestar social

El análisis económico acerca de los tres actores (Cooperativas turísticas, Comisión Federal de Electricidad y Ganaderos) permite suponer que los

efectos de los residuos sólidos sobre ellos son efectos sobre el bienestar social teniendo en cuenta tres puntos. Primero, los tres pertenecen a distintos sectores de la sociedad. Segundo, todos realizan actividades productivas, de modo que cualquier afectación a su economía puede ser considerada una alteración sobre el excedente del productor (Zerbe y Bellas, 2006). Tercero, su inclusión en este estudio se basa en el marco de los servicios ecosistémicos y del concepto de Valor Económico Total (VET) que equivale a la suma de todos los tipos de valores asociados a algún servicio ecosistémico o recurso natural (Rubio-Ayllón, 2017) y, por lo tanto, representa valores sociales.

Cálculo de costos y beneficios por escenario

La información sobre gastos del Gobierno Federal en limpieza se adquirió de una entrevista semi-estructurada al personal operativo, de Náfate (2017) y de CONANP (2016a). Los datos para estimar los ahorros en reparaciones de las Cooperativas turísticas se obtuvieron mediante entrevistas semi-estructuradas aplicadas a representantes de cada cooperativa. La información acerca de la generación de energía y las penalizaciones pagadas por CFE se consiguió mediante una entrevista semi-estructurada y el resto se tomó de López-Pimentel (2015). Los datos sobre costos de producción ganadera tradicional y silvopastoril se tomaron de Apan-Salcedo (2015, 2018) y Quintero-Salazar *et al*. (2017). El Cuadro 3.6 resume los principales parámetros utilizados en la construcción de los tres escenarios del ACB.

Cuadro 3.6. Parámetros utilizados para la elaboración del análisis costo-beneficio

Escenario	Parámetro	Valor y fuente
Todos	Duración del proyecto	10 años
	Tasa de descuento	Tasa objetivo promedio de 2008 a 2017: 4.8% (BANXICO, 2018)
	Inflación	Promedio nacional de 2008 a 2017: 4.22% (INEGI, 2018). Constante
	Precios	Cambian de acuerdo con la inflación (excepto la penalización a CFE)
	Número anual de visitantes al PNCS	Promedio de 2009 – 2016: 298160.5 (CONANP, 2017)
	Costo de cobro de derechos por ingreso al PNCS	$32.03 MXN/visitante (SEGOB, 2017)
	Costo de recorrido turístico	$168 MXN/visitante (entrevistas)
	Área de expansión anual de la ganadería	Diferencia promedio en el uso de suelo denominado pastizal cultivado entre 2011 y 2014: 9,137.47 ha (INEGI, 2013; 2017)
	Carga animal en sistemas tradicionales	1.5 unidades animales/ha (Quintero-Salazar *et al*., 2017)
	Energía generada anualmente en CH Chicoasén	5,255 GW (López-Pimentel, 2015)
	Tipo de cambio peso-dólar	18.91 $MXN/$USD (SAT, 2018)
	Precio MW/hora	$1,900 /MW (entrevista)
	Costo de producción MW/hora	$690.90/MW (entrevista)
	Penalización por MW no entregado ($USD)	$2,600/MW (entrevista)
	Factor de planta	0.26 (López-Pimentel, 2015)
Limpieza	Daños por residuos en el Cañón del Sumidero	Año 1: reducción de 50%. Año 2 en adelante: reducción de 90% (entrevista)
	Inversión en limpieza	$870,000/año (entrevista)
Silvopastoril	Crecimiento anual del área silvopastoril respecto al área total de expansión ganadera	10% (entrevista)
	Carga animal en sistemas silvopastoriles	2.34 unidades animales/ha (Apan-Salcedo, 2015)

Fuente: Elaboración con base en las fuentes señaladas.

3.3 RESULTADOS

Valor Actual Neto

Los resultados para el escenario tendencial, mostrados en el Cuadro 3.7, indican que en diez años se generaría un monto de beneficios netos de $39,022,816,989 MXN. En este escenario CFE sufre pérdidas por el pago de penalizaciones, no obstante, el monto de las ganancias por producción y venta de energía eléctrica es mucho mayor; esto se debe a la diferencia entre el costo de producción y el precio por MW (Cuadro 3.6). Por otro lado, dos actores (Gobierno Federal y Cooperativas turísticas) generan ingresos por la

visitación al PNCS y sufren pérdidas debido a los residuos sólidos acumulados en el Río Grijalva. Por su parte, los ganaderos, que son quienes generan los residuos sólidos, obtienen ganancias por su actividad productiva y únicamente asumen los costos asociados a ella, i.e. no pagan ninguna clase de costos por contaminar el río.

Cuadro 3.7. Valor actual neto del escenario tendencial por actor

Actor	Tipo	Concepto	Monto ($MXN)
Gobierno Federal	Costo	Limpieza	-18,524,086
	Beneficio	Ingresos por visitación al PNCS	88,024,779
Cooperativas turísticas	Costo	Reparaciones	-27,982,863
	Beneficio	Ingresos por recorridos turísticos	485,938,959
CFE	Costo	Producción de energía	-35,221,635,180
	Costo	Penalización	-23,685,011,712
	Beneficio	Ingresos por venta de energía	96,860,771,229
Ganaderos	Costo	Producción (tradicional)	-773,194,088
	Beneficio	Ingreso por venta de productos	1,314,429,950
		Total	39,022,816,989

Fuente: Elaboración propia.

Los resultados presentados en el Cuadro 3.8 muestran que ambos proyectos son económicamente superiores al escenario tendencial en términos tanto del VAN como de la RBC, y que el de Limpieza es más rentable. En él, los costos de Gobierno Federal aumentan en $26,207,216 MXN respecto al escenario tendencial debido a que el actor invierte mayores recursos en limpieza, logrando la atención a 90% de los residuos y la disminución en los costos de reparaciones (Cooperativas) y de penalizaciones (CFE). Por otro lado, en el Proyecto Silvopastoril los costos de limpieza, reparaciones y penalizaciones disminuyen respecto al escenario tendencial, aunque estos dos últimos en menor medida que en el Proyecto Limpieza. Además, los ganaderos son quienes asumen los costos de implementación.

Cuadro 3.8. Valor actual neto y relación costo beneficio (RBC) de los tres escenarios de contaminación por residuos sólidos del Cañón del Sumidero

Actor	Valor actual neto ($MXN)		
	Escenario tendencial	Proyecto Limpieza	Proyecto Silvopastoril
Gobierno Federal	69,500,693	43,293,477	78,166,299
Cooperativas	457,956,097	481,992,433	472,945,059
CFE	37,954,124,337	59,000,796,129	50,266,387,479
Ganaderos	541,235,862	541,235,862	-928,049,005
TOTAL	39,022,816,989	60,067,317,901	49,889,449,831
RBC	-	2.50	2.02

Fuente: Elaboración propia.

Análisis de sensibilidad

Escenario tendencial

Se evaluaron las variables número anual de visitantes al PNCS y Costo de cobro de derechos por ingreso al PNCS (Cuadro 3.6) de acuerdo con la desviación estándar de la información recabada, ±35,148 y ±0.93 respectivamente. Los Cuadro 3.9 y Cuadro 3.10 resumen los resultados obtenidos de calcular el VAN por actor afectado y total, así como la diferencia respecto al escenario tendencial original.

Cuadro 3.9. Valor actual neto de acuerdo con la variación en el número anual de visitantes al PNCS

	Valor actual neto ($MXN) Escenario tendencial			
Número anual de visitantes al PNCS	Cooperativas	Gob. Fed.	TOTAL	Diferencia
263,013	400,672,338	59,124,102	38,955,156,639	-67,660,350
298,161	457,956,096	69,500,693	39,022,816,989	0
333,309	515,239,854	79,877,285	39,090,477,339	67,660,350

Fuente: Elaboración propia.

El Cuadro 3.9 muestra que el Gobierno Federal y las Cooperativas turísticas serían afectados por cambios en la el número de visitantes al PNCS, éstas últimas en mayor medida. La variación en el número de visitantes al PNCS no puede ser controlada por ninguno de los actores estudiados. Sin embargo, para incrementar los beneficios generados, los actores afectados podrían realizar esfuerzos para ampliar el nivel de visitación, e.g. mejorar la calidad del servicio turístico, o promocionar en distintos medios de comunicación el ANP como destino turístico.

Cuadro 3.10. Valor actual neto de acuerdo con la variación en cobro de derechos por ingreso al PNCS

	Valor actual neto ($MXN) Proyecto Limpieza		
Cobro de derechos por ingreso al PNCS	Gob. Fed.	TOTAL	Diferencia ($)
0	58,441,598	39,011,757,893	-11,059,096
1.14	69,500,693	39,022,816,989	0
2.38	80,559,789	39,033,876,085	11,059,096

Fuente: Elaboración propia.

Los resultados del Cuadro 3.10 señalan que el incremento en el cobro de derechos únicamente afectaría al Gobierno Federal. Es una variable que depende totalmente del actor y que puede ser utilizada para disminuir la magnitud de sus costos asociados a los residuos sólidos. Sin embargo los montos del cobro de derecho son aplicables a numerosas ANP de todo el país (SEGOB, 2017), por lo que toda modificación tendría efectos a nivel nacional y deben ser considerados.

Proyecto Limpieza

El diseño de los proyectos se realizó con base en estimaciones y opiniones de expertos y de los manejadores del área. La disponibilidad de información no permitió considerar variables que podrían ser significativas, e.g. niveles óptimos de contaminación, cantidad total de residuos que llegan al Río Grijalva, proporción de los residuos orgánicos que generada por procesos naturales.

La información sobre la efectividad del Proyecto Limpieza se obtuvo de Náfate (2017), con base en la experiencia del personal operativo de Gobierno Federal en el saneamiento del río. Teniendo en cuenta que la cantidad de residuos que llegan al PNCS cada año varía en función de diversos factores como el nivel de generación de residuos en la cuenca alta y el patrón de lluvias, se generaron distintos casos para la efectividad de la limpieza (Cuadro 3.11). Los resultados muestran que el proyecto Limpieza sería económicamente superior al escenario tendencial incluso si la efectividad de limpieza fuera de 50%, debido a una mayor generación de residuos o a un aumento en la intensidad de las lluvias. A pesar de que la efectividad de las actividades de limpieza puede variar gracias a factores externos no controlables, el proyecto sigue siendo considerablemente más rentable que el escenario tendencial, incluso en el peor de los casos previstos.

Cuadro 3.11. Valor actual neto de acuerdo con el cambio en la efectividad de la limpieza

	Valor actual neto ($MXN) Proyecto Limpieza		
Efectividad de la limpieza (%)	Cooperativas	CFE	TOTAL
95	483,248,147	60,072,647,109	61,140,424,596
90	481,992,432	59,000,796,129	60,067,317,901
85	480,736,717	57,928,945,149	58,994,211,206
75	478,225,288	55,785,243,188	56,847,997,815
50	471,946,713	50,425,988,286	51,482,464,339

Fuente: Elaboración propia.

Proyecto Silvopastoril

Para el Proyecto Silvopastoril, se considera que la variable con mayor incertidumbre sería la proporción de la superficie de expansión ganadera que se convertiría a silvopastoril. Esto se debe a que se desconoce el nivel de respuesta que los ganaderos podrían tener hacia la implementación del proyecto. Por esta razón se generaron diversos casos y se obtuvo el VAN para cada uno. Los resultados del Cuadro 3.12 muestran que todos son económicamente superiores que el escenario tendencial. Esto es positivo porque significa que inclusive con una sustitución de 1% en la superficie ganadera, los beneficios netos serían mayores que en un escenario sin proyecto.

Cuadro 3.12. Valor actual neto de acuerdo con el cambio en la superficie silvopastoril

	Valor actual neto ($MXN) Proyecto Silvopastoril				
Área silvo-pastoril (%)	Cooperativas	CFE	Gob. Fed.	Ganaderos	TOTAL
1	459,454,259	39,185,318,535	70,371,311	394,307,375	40,109,451,482
5	465,450,170	44,110,238,066	73,835,750	-193,406,571	44,456,117,415
10	472,945,059	50,266,387,479	78,166,299	-928,049,005	49,889,449,831
15	480,439,947	56,422,536,891	82,496,847	-1,662,691,439	55,322,782,248
20	487,934,836	62,578,686,304	86,827,396	-2,397,333,873	60,756,114,664

Fuente: Elaboración propia.

3.4 DISCUSIÓN

El presente trabajo representa un sustancial avance en materia de valoración de los impactos que tienen tanto los residuos sólidos como las propuestas de proyectos sobre los actores locales relacionados con los servicios ecosistémicos de turismo, generación de energía y degradación de residuos provistos por el PNCS. Es claro que algunos de los servicios ecosistémicos son afectados negativamente por los residuos sólidos, y que los proyectos contribuyen a combatir esas afectaciones. Es importante destacar que la relación entre los servicios ecosistémicos, los residuos sólidos y los proyectos está determinada por la presencia de los actores locales y sus características. Esto tiene dos implicaciones. La primera es de tipo teórico y conceptual; dado que la definición de servicios ecosistémicos involucra a los seres humanos, se puede afirmar que sin actores no habría, como tal, servicios ecosistémicos. Es

decir, un paisaje natural o un ciclo biogeoquímico tienen un innegable valor intrínseco, pero si no existieran seres humanos que se beneficien de ellos no se podría decir que constituyen servicios ecosistémicos. Por ejemplo, si el PNCS no estuviera abierto al público, no existiría el servicio ecosistémico local de turismo y recreación, lo cual no quiere decir que el ambiente natural y la belleza escénica del lugar no tengan valor, sino que esas características del ambiente no estarían ofreciendo beneficios turísticos y recreativos a los seres humanos. Segundo, la medida en que los servicios ecosistémicos son perjudicados por los residuos sólidos y beneficiados por los proyectos, está determinada por los impactos sobre los actores. Bajo esta lógica, de acuerdo con los resultados obtenidos, podemos afirmar que los proyectos benefician a los actores locales y, por lo tanto, benefician a los servicios ecosistémicos. El reto a futuro es la realización de investigaciones que incluyan la totalidad de los servicios ecosistémicos identificados, lo cual ha probado ser una tarea extremadamente difícil (e.g. Larqué-Saavedra *et al*., 2004, Tamayo *et al*., 2018).

Hay diversos estudios que evalúan los efectos económicos de la contaminación en el bienestar de las personas. Hajkowicz y Okotai (2006) evaluaron los efectos de la contaminación sobre diversos elementos socioeconómicos y ambientales en una cuenca en Rarotonga, Islas Cook, no obstante, no realizaron un análisis costo–beneficio ni identificaron explícitamente los impactos por actor.

Para el Gobierno Federal, el escenario tendencial no es atractivo, pues significa continuar realizando una actividad que le genera gastos y ningún beneficio. Los incentivos para implementar el proyecto de Limpieza son prácticamente nulos, porque esto incrementaría sus gastos respecto al escenario tendencial. En cambio, el Proyecto Silvopastoril sí es atractivo, sin embargo, su implementación no depende del actor. Para las Cooperativas y para CFE cualquiera de los dos proyectos serían benéficos, no obstante la ejecución depende totalmente de otros actores. Para los Ganaderos la situación sin proyecto y el Proyecto Limpieza son igualmente atractivos pues en ambos casos ellos realizan sus actividades y no tienen que asumir los costos derivados de los residuos que generan. Por su parte el Proyecto Silvopastoril representa altos costos de inversión y menores ingresos para los Ganaderos,

por lo que no es atractivo. Lo anterior ofrece varios elementos de análisis. Primero, teniendo en cuenta que los residuos orgánicos son generados por una actividad productiva (ganadería) pueden ser considerados como residuos de manejo especial, y, de acuerdo con la legislación mexicana, quienes los generan (Ganaderos) deberían contar con planes de manejo y aplicarlos para evitar la contaminación del ambiente y los efectos nocivos de ésta (SEMARNAT, 2015). Segundo, de acuerdo con el principio “el que contamina paga” contemplado en la legislación mexicana (SEMARNAT, 2013), los Ganaderos deberían ser quienes asuman los costos derivados de los residuos orgánicos que se acumulan en el Cañón del Sumidero. Tercero, el hecho de que esto no suceda podría atribuirse a la falta de aplicación de la legislación ambiental por parte de las autoridades mexicanas quienes, por ley, están obligadas a hacerlo dependiendo de sus obligaciones (SEMARNAT, 2013; SEGOB, 2016) y con base en el principio de responsabilidad compartida (SEMARNAT, 2015); Nigenda-Morales y Travieso-Bello (2017) ofrecen un breve análisis al respecto. Tercero, es necesaria la búsqueda de espacios de diálogo entre todos los actores involucrados en la problemática, de modo que se puedan crear conjuntamente estrategias integrales de atención y solución al problema de los residuos en el PNCS con apego a lo dispuesto en la legislación vigente.

Zerbe y Bellas (2006) establecen que el escenario base de un ACB debería ser aquel en el que se cumpla el marco legal, i.e. únicamente se debería considerar como beneficios y costos legítimos aquellos que no se deriven de una violación a la ley. Bajo esta lógica, en este trabajo el escenario base debería ser aquel en el que no haya generación de residuos sólidos o en el que ésta se sancione de acuerdo con la normatividad ambiental vigente. Teniendo en cuenta que la legislación mexicana contempla el principio de “el que contamina paga” y que la generación de los residuos sólidos orgánicos que contaminan el PNCS se atribuye principalmente a los Ganaderos, sus beneficios en los escenarios tendencial y Limpieza no se deberían considerar porque están asociados a una actividad (la inadecuada disposición de residuos sólidos orgánicos generados por el crecimiento de la ganadería tradicional extensiva) que infringe las leyes en materia de disposición de residuos sólidos (SEMARNAT, 2014; 2015) y de responsabilidad ambiental (SEMARNAT, 2013). De la misma manera, los costos del mismo actor en el Proyecto Silvopastoril no

deberían considerarse como tales porque estarían enfocados en evitar la generación y disposición inadecuada de residuos sólidos lo cual, de acuerdo con SEMARNAT (2015), debería ser el estado normal de las cosas. La discusión al respecto puede ser muy amplia. No obstante, en este trabajo no se adoptó dicha perspectiva porque, si bien los responsables de la generación y disposición inadecuada de residuos sólidos orgánicos en la CCS no cumplen con la ley ambiental, también es cierto que, según lo establecido por SEGOB (2016) y SEMARNAT (2013), la aplicación de la legislación por parte las autoridades en materia ambiental es deficiente (e.g. OCDE, 2013), por lo que la responsabilidad es compartida y se necesitaría más información para poder contemplar a todos los responsables en el análisis.

Es importante destacar que los dos proyectos planteados difieren sustancialmente en la atención al problema, el Proyecto Limpieza se considera una medida de mitigación, i.e. no evita la generación de los residuos sólidos. En cambio, el Proyecto Silvopastoril puede ser considerado como una acción de solución porque prevendría la generación de los residuos sólidos orgánicos que contaminan el Río Grijalva. Teniendo esto en cuenta, llama la atención que el Proyecto Limpieza sea económicamente superior al proyecto Silvopastoril, en especial considerando que diversas fuentes (e.g. Royston, 1979; Cheremisinoff y Ferrante, 1989; EPA, 1990) afirman que la prevención es preferible a cualquier otra acción de atención a los residuos. No obstante esto puede deberse a una combinación de dos condiciones. Primero, el hecho de que no se estén considerando los efectos de los residuos sólidos sobre todos los actores involucrados, e.g. los identificados por Nigenda-Morales y Travieso-Bello (2017). En segundo lugar, la falta de consideración de los impactos de los residuos sólidos sobre los demás servicios ecosistémicos y de las mejoras en el bienestar asociadas a los servicios ecosistémicos forestales generados por los sistemas silvopastoriles (Ibrahim y Mora-Delgado, 2006).

Según Rubio-Ayllón (2017) todo ACB económico debe considerar el análisis de la distribución de los impactos de los proyectos entre los actores y sectores involucrados. De acuerdo con los resultados del presente trabajo la generación de energía eléctrica es el sector más afectado tanto negativamente en el escenario tendencial como positivamente en ambos proyectos, por lo que en el planteamiento de los proyectos, idealmente éste actor podría compensar a

aquellos que son más afectados, o asumir algún porcentaje de los costos del proyecto. A pesar de que en este trabajo se incluyeron los servicios ecosistémicos que se consideran más relevantes, sería útil tener información de costos y beneficios para la totalidad de ellos, así se podría realizar un análisis completo de distribución de impactos.

En el ámbito económico todos los costos originados por los residuos sólidos pueden ser considerados tanto externalidades como costos de oportunidad. Los residuos sólidos generados por los Ganaderos ocasionan costos que otros actores (Cooperativas, CFE, Gobierno Federal) asumen, lo cual, de acuerdo con la legislación mexicana (SEMARNAT, 2015), no debería suceder. Esta condición coincide con la definición de externalidades (Cornes y Sandler, 1996). Por otro lado, si los actores afectados por esta situación no tuvieran que asumir dichos costos, podrían invertir esos recursos en la realización de otras actividades (Hanley y Spash, 2003); e.g. el Gobierno Federal podría invertir en otras acciones de conservación del PNCS de gran importancia como atención a invasiones, extracción de especies e incendios forestales (CONANP, 2012).

3.5 CONCLUSIONES

El presente trabajo tiene tres resultados principales. En primer lugar, muestra la forma en que cada actor se vería afectado en un escenario sin proyectos. Segundo, revela que los dos proyectos propuestos para la atención a los residuos sólidos del Parque Nacional Cañón del Sumidero son económicamente mejores que la situación sin proyecto (escenario tendencial) aunque sus efectos sobre los servicios ecosistémicos y los actores son diferentes. En tercer lugar, muestra que el Proyecto Limpieza es el más rentable de los evaluados. En resumen, se cumplieron los objetivos planteados al inicio.

Los efectos de los dos proyectos sobre los actores considerados difieren sustancialmente. El proyecto Limpieza supone un incremento en los costos de limpieza realizada por el Gobierno Federal, reduce los costos de las penalizaciones pagadas por Comisión Federal de Electricidad y de las reparaciones efectuadas por las Cooperativas, y beneficia a los ganaderos quienes pueden continuar generando residuos orgánicos libremente. Por su parte, el Proyecto Silvopastoril disminuye las ganancias e incrementa los costos de producción de los ganaderos, mientras que reduce los gastos de

limpieza (Gobierno Federal), de penalizaciones (Comisión Federal de Electricidad) y de reparaciones (Cooperativas), aunque en menor proporción que el proyecto Limpieza.

Los resultados del trabajo brindan información relevante para la discusión acerca del papel de los actores locales en la problemática y de los impactos potenciales de la atención a la contaminación del Cañón del Sumidero. Los hallazgos también evidencian la necesidad de implementar estrategias de diálogo, divulgación de la información y toma de decisiones entre los actores involucrados. La información generada también puede ser útil para los manejadores del Parque Nacional Cañón del Sumidero y del territorio de la Cuenca del Cañón del Sumidero, y puede contribuir a una mejor comprensión del problema de estudio.

Finalmente, para estudios posteriores se recomienda contemplar a los demás actores relacionados con la problemática, incluir el resto de los servicios ecosistémicos y de los actores, involucrar información sobre los niveles óptimos de contaminación, actualizar los parámetros de cálculo aquí incluidos, y considerar otros proyectos relevantes para ampliar el conjunto de opciones y nutrir la discusión y la toma de decisiones respecto a la solución al problema de los residuos sólidos en el Parque Nacional Cañón del Sumidero. La limitada disponibilidad de información constituyó un factor determinante para fijar los alcances y el diseño de la investigación; lo que muestra la enorme importancia y necesidad de la realización y divulgación de nuevas investigaciones acerca del tema de estudio.

3.6 REFERENCIAS

Apan-Salcedo G.W. (2015). *Estructura y función de las unidades de producción agrosilvopastoriles de la cooperativa agropecuaria "Salto de Agua": Aproximaciones al manejo orgánico* (Tesis de maestría). El Colegio de la Frontera Sur. México.

Apan-Salcedo G.W. (2018). *Comunicación personal*. Tuxtla Gutiérrez, México.

Azqueta-Oyarzun D., Alviar-Ramírez M., Domínguez-Villalobos L. y O'Ryan R. (2007). *Introducción a la economía ambiental*. (2a ed.). Madrid, España: McGraw Hill.

Ballinas-Coronel O.A., Castellanos-Corzo L.G. y Espinosa-Pérez M. (2014). *Diagnóstico turístico situacional del Parque Nacional Cañón del Sumidero* (tesis de licenciatura). Universidad Autónoma de Chiapas, Tuxtla Gutiérrez, México.

BANXICO. (2018). *Sistema de Información Económica. Tasas de interés representativas*. México. Recuperado de http://www.banxico.org.mx/SieInternet/consultarDirectorioInternetAction.do?accion=consultarCuadroAnalitico&idCuadro=CA51&sectorDescripcion=Precios&locale=es

Buenrostro, O., y Bocco, G. (2003). Solid waste management in municipalities in Mexico: goals and perspectives. *Resources, Conservation And Recycling*, 39(3), 251-263. http://dx.doi.org/10.1016/s0921-3449(03)00031-4

Campos-Montiel, R., del Razo-Rodríguez, O., Almaraz-Buendía, I., Ramírez-Bibriesca, E., Soriano-Robles, R., Salinas-Martínez, J., Arias-Margarito, L., y González-Muñoz, S. (2018). Bioconversión de desperdicios vegetales a biogás a partir de microorganismos ruminales. *Revista Internacional de Contaminación Ambiental*, 34(1), 149-155. doi:http://dx.doi.org/10.20937/RICA.2018.34.01.13

Chang, N. y Pires, A. (2015). *Sustainable solid waste management*. (1a ed.). Hoboken, Estados Unidos: John Wiley & sons.

Cheremisinoff, P. y Ferrante, L. (1989). *Waste Reduction for Pollution Prevention* (1a ed.). Des Plaines, Estados Unidos: Butterworth-Heinemann Ltd.

CONAGUA. (2009). *Plan de manejo integral de la cuenca del Cañón del Sumidero*. Tuxtla Gutierrez, México: Gobierno del Estado de Chiapas.

CONANP. (2012). *Estudio Previo Justificativo para modificar el decreto del Área Natural Protegida Parque Nacional Cañón del Sumidero*. México.

CONANP. (2013). *Parque Nacional Cañón del Sumidero. Programa de uso público*. México.

CONANP. (2016a). *Programa de conservación de humedales del Parque Nacional Cañón del Sumidero*. Tuxtla Gutiérrez, México.

CONANP. (2016b). *Estrategia de turismo sustentable en áreas naturales protegidas de México*. México: Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas.

CONANP. (2017). *Estadísticas del destino Parque Nacional Cañón del Sumidero, aforo turístico*. México.

Cornes, R., y Sandler, T. (1996). *The theory of externalities, public goods, and club goods*. (2a ed.). Cambridge, Reino Unido: Cambridge University Press.

EPA. (1990). *Pollution prevention act of 1990*. Estados Unidos.

Giusti, L. (2009). A review of waste management practices and their impact on human health. *Waste Management*, 29(8), 2227-2239. doi: 10.1016/j.wasman.2009.03.028

Grizzetti, B., Lanzanova, D., Liquete, C., Reynaud, A., y Cardoso, A. (2016). Assessing water ecosystem services for water resource management. *Environmental Science & Policy*, 61, 194-203. http://dx.doi.org/10.1016/j.envsci.2016.04.008

Hajkowicz, S., y Okotai, P. (2006). *An economic valuation of watershed pollution in Rarotonga, the Cook Islands*. Apia, Samoa: SPREP.

Hanley, N., y Spash, C. (2003). *Cost-benefit analysis and the environment*. (1a ed.). Cheltenham, Reino Unido: Edward Elgar.

Hanley, N., y Barbier, E. (2009). *Pricing nature*. (1a ed.). Cheltenham, Reino Unido: Edward Elgar.

Hanley, N. (2013). Environmental Cost–Benefit Analysis. *Encyclopedia Of Energy, Natural Resource, And Environmental Economics*, 17-24. doi: 10.1016/b978-0-12-375067-9.00103-0

Ibrahim M. y Mora-Delgado J. (2006). Potencialidades de los sistemas silvopastoriles para la generación de servicios ambientales. En Ibrahim M. y Mora-Delgado (Eds.), *Potencialidades de los sistemas silvopastoriles para*

la generación de servicios ambientales (pp. 10-22). Turrialba, Costa Rica: Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza.

INEGI. (2013). *Carta de uso de suelo y vegetación Serie V*. México.

INEGI. (2017). *Carta de uso de suelo y vegetación Serie VI*. México.

INEGI. (2018). *Índices de Precios al Consumidor. Inflación*. México. Recuperado de http://www.inegi.org.mx/sistemas/indiceprecios/Estructura.aspx?idEstructura=112000200040&T=%C3%8Dndices%20de%20Precios%20al%20Consumidor&ST=Inflaci%C3%B3n

Kopp, R., Krupnick, A. y Toman M. (1997). *Cost-Benefit Analysis and Regulatory Reform: An Assessment of the Science and the Art*. Washington, Estados Unidos: Resources for the Future.

Larqué-Saavedra, B., Valdivia Alcalá, R., Islas Gutiérrez, F., y Romo Lozano, J. (2004). Valoración económica de los servicios ambientales del bosque del municipio de Ixtapaluca, Estado de México. *Revista Internacional de Contaminación Ambiental*, 20(4), 193-202.

López Pimentel, A.L. (2015). *Impacto ambiental causado por residuos sólidos en el Río Grijalva, Parque Nacional Cañón del Sumidero, Chiapas* (Tesis de maestría). Universidad Nacional Autónoma de México, Ciudad de México

Marateo, Germán, Grilli, Pablo, Bouzas, Nancy, Jensen, Roberto, Ferretti, Vanina, Juárez, Marcos, y Soave, Guillermo. (2013). Uso de hábitat por aves en rellenos sanitarios del noreste de la provincia de Buenos Aires, Argentina. *Ecología austral*, 23(3), 202-208.

MEA. (2005). *Ecosystems and human well-being. Current state and trends*. Washington, Estados Unidos: United Nations Environment Programme.

Molina, M., y Rowland, F. (1974). Stratospheric sink for chlorofluoromethanes: chlorine atom-catalysed destruction of ozone. *Nature*, 249(5460), 810-812. doi: 10.1038/249810a0

Náfate, J., 2017 *Comunicación personal*. Tuxtla Gutiérrez, México.

Nigenda-Morales, R. D. y Travieso-Bello, A. C. (2017). Contaminación por residuos sólidos en el Cañón del Sumidero: Análisis de actores. *Memorias del Congreso Internacional de Investigación Academia Journals en Ciencias y Sustentabilidad 2017*, 9(4), pp. 1393-1398.

OECD. (2013). OECD Environmental Performance Reviews: Mexico 2013. *OECD Publishing*. doi: 10.1787/9789264180109-en

OECD. (2015). Environment at a Glance 2015: OECD Indicators. *OECD Publishing*. doi:10.1787/9789264235199-en

Pathak, P., Mandavgane, S., Puranik, N., Jambhulkar, S., y Kulkarni, B. (2017). Valorization of potato peel: a biorefinery approach. *Critical Reviews In Biotechnology*, 38(2), 218-230. doi: 10.1080/07388551.2017.1331337

Peter, A., Shiva Nagendra, S., y Nambi, I. (2018). Comprehensive analysis of inhalable toxic particulate emissions from an old municipal solid waste dumpsite and neighborhood health risks. *Atmospheric Pollution Research*. http://dx.doi.org/10.1016/j.apr.2018.03.006

Quintero-Salazar, L., Camacho-Vera, J. H., Apan-Salcedo, G. W., Medina-Enríquez, M., Sandoval-Fortanel, A., García-Sánchez, E. I. Venegas-Castro, V. (2017). *Diagnóstico de la Cadena de Valor de la Ganadería Lechera en La Frailesca, Chiapas*. México: Alianza México REDD+.

Ramachandra, T., Bharath, H., Kulkarni, G., & Han, S. (2018). Municipal solid waste: Generation, composition and GHG emissions in Bangalore, India. *Renewable And Sustainable Energy Reviews*, 82, 1122-1136. doi: 10.1016/j.rser.2017.09.085

RETD. (2013). *Renewable Energy Costs and Benefits for Society (RECABS)*. Copenague, Dinamarca: International Energy Agency.

Reyna-Bensusan, N., Wilson, D., y Smith, S. (2018). Uncontrolled burning of solid waste by households in Mexico is a significant contributor to climate change in the country. *Environmental Research*, 163, 280-288. doi: 10.1016/j.envres.2018.01.042

Royston, M. (1979). *Pollution prevention pays*. (1a ed.). Oxford, Reino Unido: Pergamon Press.

Rubio-Ayllón J.C. (2017). *Guía para la elaboración del Análisis Costo-Beneficio en áreas protegidas*. Recuperado de http://www.conservation-strategy.org

SAT. (2018). Tipo de cambio. México. Recuperado de http://www.sat.gob.mx/informacion_fiscal/tablas_indicadores/Paginas/tipo_cambio_anteriores.aspx

SEGOB. (1980). *Decreto por el que se declara área natural protegida con el carácter de parque nacional a la región conocida como Cañón del Sumidero*. México: Diario Oficial de la Federación.

SEGOB. (2016). *Ley General de Responsabilidades Administrativas*. México: Diario Oficial de la Federación.

SEGOB. (2017). *Ley Federal de Derechos*. México: Diario Oficial de la Federación.

SEMARNAT. (2004). *NORMA Oficial Mexicana NOM-083-SEMARNAT-2003, Especificaciones de protección ambiental para la selección del sitio, diseño, construcción, operación, monitoreo, clausura y obras complementarias de un sitio de disposición final de residuos sólidos urbanos y de manejo especial*. México: Diario Oficial de la Federación.

SEMARNAT. (2013). *Ley Federal de Responsabilidad Ambiental*. México: Diario Oficial de la Federación.

SEMARNAT. (2014). *Reglamento de la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos*. México: Diario Oficial de la Federación.

SEMARNAT. (2015). *Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos*. México: Diario Oficial de la Federación.

SEMARNAT. (2016). *Informe de la Situación del Medio Ambiente en México. Compendio de Estadísticas Ambientales. Indicadores Clave, de Desempeño Ambiental y de Crecimiento Verde. Edición 2015*. México.

Tamayo, N., Anticamara, J., y Acosta-Michlik, L. (2018). National Estimates of Values of Philippine Reefs' Ecosystem Services. *Ecological Economics*, 146, 633-644. doi: 10.1016/j.ecolecon.2017.12.005

TEEB. (2010). *The Economics of Ecosystems and Biodiversity: The Ecological and Economic Foundations*. Edited by Pushpam Kumar. Londres, Inglaterra y Washington, Estados Unidos: Earthscan.

van de Klundert, A., Anschütz, J., y Scheinberg, A. (2001). *Integrated Sustainable Waste Management - the Concept*. Gouda, Holanda: WASTE.

Worrell, W. y Vesilind, P. (2012). *Solid waste engineering*. (1a ed.). Australia: Cengage Learning.

Zerbe, R., y Bellas, A. (2006). *A primer for benefit-cost analysis*. (1a ed.). Cheltenham, Reino Unido: Edward Elgar.

4. Capítulo 4: Discusión

En este capítulo se integran los resultados de los tres anteriores en el contexto de la Gestión Integral Sustentable de Residuos Sólidos (GISRS). La razón por la que se eligió el enfoque de la GISRS para discutir los resultados es que el planeamiento teórico coincide en, al menos, los siguientes tres aspectos con lo establecido en la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos: a) los residuos sólidos deben ser atendidos mediante una gestión integral; b) la estrategia prioritaria para hacerlo es la prevención de los mismos; c) los actores locales, incluidas las autoridades de los tres órdenes de gobierno, deben estar directamente involucrados y trabajar en colaboración en su gestión (van de Klundert *et al*. 2001, SEMARNAT 2015). Además, este enfoque ha sido empleado para el análisis de sistemas de gestión de residuos en numerosos estudios (e.g. Lardinois y van de Klundert, 1995; Schuebeler et al., 1996, van Beukering et al., 1999; Guerrero et al., 2013, Marshall y Farahbakhsh, 2013; Wilson *et al*., 2015; dos Muchangos *et al.*, 2017; Kassaye, 2018) y como parte de programas de mejora de los sistemas de gestión de residuos, de los medios de vida y de la gobernanza en India, Filipinas, Mali, Bulgaria, Egipto, Costa Rica, Honduras entre otros (Anschütz *et al*., 2004). Esto demuestra el gran potencial de la GISRS como base para la evaluación, la modernización y la creación sistemas de gestión de residuos que se apeguen al marco legal en México. Esto es sumamente relevante, sobre todo por la tendencia que existe entre las autoridades que manejan los residuos de ir directamente de los problemas a las soluciones sin un análisis de la situación (van de Klundert *et al*. 2001), y por la cantidad de residuos sólidos que actualmente no son dispuestos de forma apropiada en México, en particular en las localidades rurales o semiurbanas (SEMARNAT, 2016).

Respecto al caso específico de la contaminación por residuos sólidos del Cañón del Sumidero hay varios puntos de análisis que vale la pena destacar. Primero, este trabajo contribuye a comprobar la principal afirmación de la GISRS, la cual establece que las características de los actores locales determinan el funcionamiento del sistema de gestión de residuos sólidos. Lo anterior está demostrado por un número importante de los resultados obtenidos, pero especialmente por el hecho de que si todos los actores analizados, en particular los de gobierno, cumplieran con la totalidad de sus

funciones y si existieran redes sólidas de diálogo y trabajo colaborativo que incluyan a todos los involucrados, muy probablemente el Cañón del Sumidero estaría menos contaminado.

Segundo, los principios de la GISRS (equidad, efectividad, eficiencia y sustentabilidad), definidos por van de Klundert *et al*. (2001), no se cumplen en la CCS. No existe equidad porque el sistema de gestión de residuos no es adecuado y provoca daños al ambiente y a la sociedad. La falta de efectividad está evidenciada por el estado de contaminación en el que se encuentra el Cañón del Sumidero, lo que significa que una parte importante de los residuos sólidos no se gestiona de forma apropiada. El análisis costo-beneficio demuestra que, a través de la implementación de proyectos, se podría hacer un uso más eficiente de recursos en la gestión de los residuos sólidos. El ACB también indica que la ejecución de un proyecto (Silvopastoril) no solamente sería económicamente mejor que la forma en que actualmente se atiende el problema, sino también podría contribuir sustancialmente a solucionarlo de manera definitiva y permanente porque atiende a una de las principales presiones identificadas, lo que significa que el problema actualmente no está siendo atendido con base en el principio de sustentabilidad. El hecho de que no se cumplan los principios de la GISRS en la CCS indica que el actual sistema de gestión de residuos sólidos se encuentra lejos de ser integral y sustentable, lo que probablemente representa el principal obstáculo para resolver el problema de estudio.

Tercero, a pesar de las dificultades para mejorar el sistema de gestión de residuos sólidos en la CCS de modo que se alcance una GISRS, el hecho de que todos los actores estudiados estén dispuestos a participar en solucionar el problema representa una importante potencialidad. De acuerdo con Bryson *et al*. (2002), la colaboración entre actores es necesaria para conseguir resultados satisfactorios de largo plazo en entornos como las instituciones, las políticas públicas, los planes y programas, y a diferentes escalas desde la comunitaria hasta la nacional. En la CCS la colaboración podría ser fomentada por los actores con mayor influencia y por los que están mejor conectados con el propósito de incluir a todos, sobre todo a los afectados y a quienes no participan en ninguna de las redes sociales investigadas.

Cuarto, el trabajo se centra en los actores locales, que es la principal dimensión de todo sistema de gestión de residuos. Los elementos del sistema de residuos y los aspectos locales son las otras dos dimensiones de acuerdo con Anschütz *et al*. (2004) y, deben ser estudiadas a detalle para comprender la problemática de la CCS en su totalidad. Sin embargo la investigación aporta elementos relevantes para su análisis. Las presiones identificadas indican que los elementos del sistema de gestión de residuos son gestionados de forma inadecuada por parte de las autoridades responsables, y que los mecanismos específicos de generación de residuos en la CCS por parte de la ciudadanía y de distintos actores locales juegan un papel fundamental en la problemática. Esta información puede servir como base para estudiar las dos dimensiones restantes del sistema de gestión de residuos de la CCS.

Quinto, teniendo en cuenta que, según Anschütz *et al*. (2004), los inconvenientes monetarios, materiales y tecnológicos de la gestión de residuos no forzosamente son los más importantes, existe la posibilidad de que el problema se pueda atender mediante la implementación de una GISRS que no requiera grandes cantidades de recursos adicionales, sino que se base en la cooperación entre actores de acuerdo con sus posibilidades y necesidades. Ante esto, la elaboración de ACB que consideren los impactos sobre la mayor cantidad posible de actores locales puede aportar elementos esenciales para la discusión y la toma de decisiones respecto de la mejor alternativa a implementar como solución a la contaminación por residuos sólidos del Cañón del Sumidero.

Sexto, el análisis de las propuestas manifestadas por los actores locales podría ser un primer paso para abrir la discusión en torno a la solución del problema de estudio. No obstante, de acuerdo con el propio enfoque de la GISRS, antes de llegar a la etapa de propuestas de solución es indispensable la realización de otras investigaciones complementarias a este trabajo (van de Klundert *et al*., 2001). El enfoque de dichos estudios tendría que centrarse en alcanzar los siguientes objetivos: a) detallar las otras dos dimensiones del sistema de gestión de residuos (los elementos del sistema de gestión y los aspectos locales), b) caracterizar los fenómenos de transporte de residuos sólidos hacia el Cañón del Sumidero, c) cuantificar los impactos de los residuos sólidos sobre la biodiversidad, d) puntualizar los efectos económicos causados por los

residuos sobre los demás actores, e) identificar otras limitaciones y potencialidades para la búsqueda de una GISRS, f) describir más respuestas potenciales que ataquen las presiones que generan la contaminación del Cañón del Sumidero, g) caracterizar a los actores relevantes no constituidos en grupos organizados (e.g. ciudadanía, turistas, ganaderos). La presente investigación puede aportar datos esenciales para la elaboración de dichos trabajos.

Séptimo, las investigaciones antes mencionadas podrían ser muy significativas en el ámbito académico, sin embargo, para que sean relevantes en el ámbito de la toma de decisiones, de las políticas públicas y de la gestión de los residuos sólidos, es necesario que se involucre a los actores locales en su realización como parte de un proyecto o programa oficial de evaluación y modernización del sistema actual de gestión de residuos sólidos de la CCS. Lo anterior aseguraría que los resultados de las investigaciones se utilicen para mejorar la gestión de residuos en la región en busca de una genuina GISRS. Esto podría llevarse a cabo como parte de las actividades de la JICCAS que es un mecanismo ya formalmente establecido y en el que participan varios de los actores estudiados.

Referencias

Anschütz, J., Scheinberg, A., y IJgosse, J. (2004). *Putting integrated sustainable waste management into practice* (1a ed.). Gouda, Holanda: WASTE.

Bryson, J., Cunningham, G., & Lokkesmoe, K. (2002). What to Do When Stakeholders Matter: The Case of Problem Formulation for the African American Men Project of Hennepin County, Minnesota. *Public Administration Review*, 62(5), 568-584. doi: 10.1111/1540-6210.00238

CONAGUA. (2009). *Plan de manejo integral de la cuenca del Cañón del Sumidero*. Tuxtla Gutierrez, México: Gobierno del Estado de Chiapas.

CONANP. (2012). *Estudio Previo Justificativo para modificar el decreto del Área Natural Protegida Parque Nacional Cañón del Sumidero*. México.

CONANP. (2016). *Programa de conservación de humedales del Parque Nacional Cañón del Sumidero*. Tuxtla Gutiérrez, México.

dos Muchangos, L., Tokai, A., y Hanashima, A. (2017). Stakeholder analysis and social network analysis to evaluate the stakeholders of a MSWM system – A pilot study of Maputo City. *Environmental Development*, 24, 124-135. doi: 10.1016/j.envdev.2017.04.005

Gobierno de la República. (2013). *Programa Nacional de Áreas Naturales Protegidas 2014-2018*. México.

Guerrero, L., Maas, G., y Hogland, W. (2013). Solid waste management challenges for cities in developing countries. *Waste Management*, 33(1), 220-232. doi: 10.1016/j.wasman.2012.09.008

Kassaye, A. (2018). Contemporary institutional solid waste management practices of Haramaya University, Eastern Ethiopia. *African Journal Of Science, Technology, Innovation And Development*, 10(2), 219-238. doi: 10.1080/20421338.2018.1443412

López Pimentel, A.L. (2015). *Impacto ambiental causado por residuos sólidos en el Río Grijalva, Parque Nacional Cañón del Sumidero, Chiapas* (Tesis de maestría). Universidad Nacional Autónoma de México, Ciudad de México.

Marshall, R., y Farahbakhsh, K. (2013). Systems approaches to integrated solid waste management in developing countries. *Waste Management*, 33(4), 988-1003. doi: 10.1016/j.wasman.2012.12.023

Schübeler, P., Christen, J., y Wehrle, K. (1996). *Conceptual framework for municipal solid waste management in low-income countries* (Vol. 9). St. Gallen, Suiza: SKAT (Swiss Center for Development Cooperation).

SEGOB. (1980). *Decreto por el que se declara área natural protegida con el carácter de parque nacional a la región conocida como Cañón del Sumidero*. México: Diario Oficial de la Federación.

SEMARNAT. (1988). *Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente*. México: Diario Oficial de la Federación.

SEMARNAT. (2015). *Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos*. México: Diario Oficial de la Federación.

SEMARNAT. (2016). *Informe de la Situación del Medio Ambiente en México. Compendio de Estadísticas Ambientales. Indicadores Clave, de Desempeño Ambiental y de Crecimiento Verde. Edición 2015*. México.

van Beukering, P., Sehker, M., Gerlagh, R., y Kumar, V. (1999). *Analysing urban solid waste in developing countries: a perspective on Bangalore, India*. Ámsterdam, Países Bajos: IVM (Institute for Environmental Studies).

van de Klundert, A., y Lardinois, I. (1995). Community and private (formal and informal) sector involvement in municipal solid waste management in developing countries. In *Background paper for the UMP workshop in Ittingen* (pp. 10-12).

van de Klundert, A., Anschütz, J., y Scheinberg, A. (2001). *Integrated Sustainable Waste Management - the Concept*. Gouda, Holanda: WASTE.

Wilson, D., Rodic, L., Cowing, M., Velis, C., Whiteman, A., & Scheinberg, A. et al. (2015). 'Wasteaware' benchmark indicators for integrated sustainable waste management in cities. *Waste Management*, 35, 329-342. doi: 10.1016/j.wasman.2014.10.006