



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO**  
**PROGRAMA DE MAESTRÍA Y DOCTORADO EN INGENIERÍA**  
**INGENIERÍA AMBIENTAL – RESIDUOS SÓLIDOS**

**IMPACTO AMBIENTAL CAUSADO POR RESIDUOS SÓLIDOS EN EL RÍO GRIJALVA,  
PARQUE NACIONAL CAÑÓN DEL SUMIDERO, CHIAPAS.**

**TESIS**  
**QUE PARA OPTAR POR EL GRADO DE:**  
**MAESTRO EN INGENIERÍA**

**PRESENTA:**  
**BIÓLOGA ANA LUCÍA LÓPEZ PIMENTEL**

**TUTOR PRINCIPAL**  
**DR. ENRIQUE CÉSAR VALDEZ, FACULTAD DE INGENIERÍA**

**COMITÉ TUTOR**  
**DR. JORGE LUIS DE VICTORICA ALMEIDA, INSTITUTO DE INGENIERÍA**  
**DR. VICTOR MANUEL LUNA PABELLO, FACULTAD DE QUÍMICA**

**MÉXICO, D. F. NOVIEMBRE 2015**

**JURADO ASIGNADO:**

Presidente: DR. JORGE LUIS DE VICTORICA ALMEIDA

Secretario: DRA. MARÍA ANTONIETA GÓMEZ BALANDRA

Vocal: DR. VICTOR MANUEL LUNA PABELLO

1 er. Suplente: M.I. CARLOS MANUEL MENÉNDEZ MARTÍNEZ

2 d o. Suplente: DR. ENRIQUE CÉSAR VALDEZ

Lugar o lugares donde se realizó la tesis: FACULTAD DE INGENIERÍA

**TUTOR DE TESIS:**

DR. ENRIQUE CÉSAR VALDEZ

-----  
**FIRMA**

## **DEDICATORIAS/AGRADECIMIENTOS**

***A mi Madre  
Consuelo***

*Por tu apoyo, confianza, amor y consejo que me das a cada instante, en cada paso y decisión que tomo a lo largo de mi vida, porque gracias a ti he alcanzado mis logros y he podido perseguir mis sueños.*

***A mis hermanas y hermano  
Magally, Juan Carlos y Alex***

*Por todo el amor y apoyo que me brindan, y sobre todo porque cada uno de ustedes son un gran ejemplo en mi vida.*

***A mi sobrino, primo y hermano  
Carlos Aguilar***

*Por apoyarme, motivarme y estar siempre pendiente a lo largo de toda la maestría. Tu interés y aportaciones han significado un gran apoyo.*

## AGRADECIMIENTOS

*A la Universidad Nacional Autónoma de México por los conocimientos, oportunidades y apoyos otorgados durante todo el proceso de maestría.*

*Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) por la beca otorgada.*

*A mi tutor, el Dr. Enrique César Valdez por su guía, apoyo, comprensión, motivación, conocimiento y también por mostrarme siempre el gran ser humano que lo personaliza.*

*A mi comité tutorial, porque desde un principio mostraron su interés, compromiso, así como aportaciones en cada etapa de la investigación, contribuyendo a sobremanera en la mejora de este escrito.*

*A Rodrigo Takashi, por su apoyo incondicional, contribuciones y todo el asesoramiento en el tema de Sistemas de Información Geográfica.*

*Al Maestro Constantino, por sus enseñanzas, apoyo y asesoramiento en el área de residuos sólidos.*

*Al Maestro Mauricio por todo su apoyo en los cortes de los mapas que se presentan en la investigación.*

*A todo el equipo del Parque Nacional Cañón del Sumidero, principalmente al Biólogo Adrián Méndez Barrera que como director, otorgó su interés, confianza y apoyo para llevar a cabo las actividades de campo durante el proyecto de investigación, y que con su equipo de trabajo otorgaron el soporte logístico, de personal, combustible, vehículos, equipo y gestión. De esta misma forma un especial agradecimiento al Biólogo Pedro, a José Luis, Darinel, Javier Náfate y a Gaby y favy (Chicas del servicio social).*

*Muchas gracias amigo Efrén, que en cada trabajo después de La Encrucijada nos topábamos por azares del destino y que en el Cañón del Sumidero me caíste como un ángel, gracias por todo el apoyo, así como por la hechura de la malla para pescar "basura".*

*A todos mis amigos/compañeros de la maestría, que como generación nos integramos de una forma fenomenal y amena. A Arnoldo, Adrián, Isaac, Javier, Longino, Guadalupe (que eres de nuestra generación), Ángeles, Jesús, por todos los momentos que pasamos en equipos de trabajo, de estudio y salidas a campo.*

*Arnoldo, gracias por tu amistad, tu apoyo, tus consejos, por animarme, motivarme y hacerme reír, pero sobre todo por abrirme las puertas de tu casa y conocer la hermosa familia a la que perteneces.*

*A todos mis amigos del seminario Gonzálo Báez Camargo, que mi estancia fue lo más cercano a una familia, gracias Margarita por toda la confianza brindada desde el primer día y por prestarme los salones para estudiar.*

## **AGRADECIMIENTO/RECONOCIMIENTO**

*A continuación se hace un profundo reconocimiento a los integrantes del panel de expertos por su voluntaria participación y compromiso durante el proceso de la técnica Delphi, como parte del trabajo de investigación. Su aportación fue muy valiosa y se les agradece ampliamente.*

<b>EXPERTO (A)</b>	<b>DATOS</b>
<b>1 M.I.Q. FRANCISCO DE LOS SANTOS TORRES.</b>	<i>Jefe de proyecto de calidad del agua e impacto ambiental Dirección técnica. Organismo de cuenca frontera sur CONAGUA</i>
<b>2 M. EN C. OSCAR FARRERA SARMIENTO</b>	<i>Curador de flora del Jardín Botánico SEMAHN</i>
<b>3 DRA. SILVIA RAMOS HERNÁNDEZ.</b>	<i>Coordinadora del centro de investigación en gestión de riesgos y cambio climático UNICACH</i>
<b>4 M. EN C. ADÁN GÓMEZ GONZÁLEZ</b>	<i>Profesor de asignatura UNICACH</i>
<b>5 M.I.A. JUAN ANTONIO ARAIZA AGUILAR</b>	<i>Profesor de asignatura UNICACH</i>
<b>6 BIÓL. ADRIÁN MÉNDEZ BARRERA</b>	<i>Director del Parque Nacional Cañón del Sumidero CONANP</i>
<b>7 BIÓL. EDITH BELEN JIMENEZ DIAZ</b>	<i>Encargada del área de investigación y monitoreo PNCS-CONANP</i>
<b>8 BIÓL. JOSÉ LUIS DÍAZ VALDIVIEZO.</b>	<i>Encargado del programa de saneamiento y cuencas PNCS-CONANP</i>
<b>9 BIÓL. MAURICIO ROBLES GONZÁLEZ.</b>	<i>Ex coordinador del área de turismo del PNCS.</i>
<b>10 SR. SERVANDO CARRASCO TAPIA</b>	<i>Presidente de Multiservicios turísticos Osumacinta S.C. De R.L.</i>
<b>11 L.A.E. MARIO GÓMEZ CUESTA</b>	<i>Ex encargado de la Sociedad Cooperativa Nandiumé, S.C.R. L.</i>

## CONTENIDO

RESUMEN .....	10
ABSTRACT .....	11
GLOSARIO .....	12
ACRÓNIMOS .....	12
ESTRUCTURA DE LA TESIS.....	13
<b>CAPÍTULO 1 INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>14</b>
1.1 Objetivo general .....	15
1.1.1 Objetivos particulares .....	15
1.2 Alcances y limitaciones.....	15
1.2.1 Tipo de residuos .....	15
1.2.2. Espacial .....	15
1.2.3. Operacional .....	15
<b>CAPÍTULO 2 DESCRIPCIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO .....</b>	<b>16</b>
2.1. Ubicación del área de estudio .....	16
2.2. Medio físico .....	17
2.2.1. Geología.....	17
2.2.2. Fisiografía .....	17
2.2.3. Clima .....	18
2.2.4. Edafología.....	18
2.2.5. Hidrología .....	19
2.3. Medio biológico.....	20
2.3.1. Vegetación.....	20
2.3.2. Fauna .....	23
2.4. Medio socioeconómico .....	25
2.4.1. Aspectos demográficos .....	25
2.4.2. Economía .....	25
2.4.3. Educación .....	27
2.4.4. Servicios.....	28
2.4.5. Comunicaciones .....	28
2.4.6. Tenencia De La Tierra .....	28

<b>CAPÍTULO 3 ACTIVIDADES HUMANAS QUE SE REALIZAN EN EL ÁREA DE INFLUENCIA DEL PNCS.</b>	<b>30</b>
3.1 Incendios forestales.....	30
3.2 Cambio de uso de suelo .....	30
3.3 Acumulación de residuos sólidos en el río Grijalva en época de lluvias .....	31
<b>CAPÍTULO 4 ÁRBOL DE ACCIONES Y ÁRBOL DE FACTORES AMBIENTALES .....</b>	<b>32</b>
4.1 Árbol de acciones .....	32
4.2 Árbol de factores ambientales .....	33
4.3 Diagrama de redes de causa-efecto.....	35
<b>CAPÍTULO 5 VINCULACIÓN CON LAS NORMAS Y REGULACIONES SOBRE USO DEL SUELO.....</b>	<b>36</b>
<b>CAPÍTULO 6 METODOLOGÍA .....</b>	<b>39</b>
6.1 Evaluar el origen de los residuos sólidos urbanos de la cuenca del cañón del sumidero que llegan al PNCS. ....	40
6.2 Análisis multitemporal de la pérdida de cobertura vegetal dentro de la Cuenca el Cañón del Sumidero. ....	41
6.3 Evaluación de impacto ambiental .....	43
6.3.1. Etapa de identificación de impactos .....	45
6.3.2. Etapa de valoración de los impactos.....	45
6.3.3. Etapa de medidas de mitigación y análisis de resultados.....	47
6.4 Muestreo en el río Grijalva, dentro del Parque Nacional Cañón del Sumidero.....	48
<b>CAPÍTULO 7 RESULTADOS .....</b>	<b>49</b>
7.1 Sitios de disposición final de los residuos sólidos urbanos que se ubican en la Cuenca del Cañón del Sumidero. ....	49
7.2 Evaluar el origen de los residuos sólidos urbanos de la Cuenca del Cañón del Sumidero que llegan al PNCS .....	51
7.3 Análisis multitemporal de la pérdida de cobertura vegetal dentro de la Cuenca del Cañón del Sumidero. ....	54
7.4 Evaluación cuantitativa de impacto ambiental .....	58
7.4.1 Paisaje y recreación.....	60
7.4.2 Suelo .....	62
7.4.3 Agua.....	62
7.4.4 Vegetación.....	66
7.4.5 Aves .....	68
7.4.6 Cocodrilo de río .....	69
7.4.7 Peces.....	71
7.4.8 Pesca.....	72

7.4.9 Generación de energía eléctrica en la central hidroeléctrica Manuel Moreno Torres “Chicoasén” ....	73
7.4.10. Empleo.....	76
7.4.11 Actividad turística.....	77
7.4.12 Seguridad.....	79
7.5 Evaluación cualitativa de impacto ambiental.....	80
7.6 Muestreo en campo .....	82
7.6.1 Composición general de los residuos sólidos en el río Grijalva .....	82
7.6.2. Caracterización de la madera .....	84
7.4.3 Residuos sólidos como plásticos y subproductos generales.....	87
7.4.4 Dispersión y acumulación de los residuos sólidos .....	88
7.6 Atención y manejo de la problemática de la acumulación de residuos en EL PNCS.....	90
7.6.1 Organismos involucrados .....	90
7.6.2 Recolección y composición de los residuos sólidos que se acumulan en el río Grijalva dentro del PNCS .....	91
7.6.3 Cantidad de residuos recolectados de 2004-2013 .....	93
7.6.4 Aprovechamiento y disposición final de los residuos acumulados en el PNCS del 2004-2012.....	94
7.6.5 Presupuesto invertido por parte de las autoridades involucradas .....	97
<b>CAPÍTULO 8 MEDIDAS DE MITIGACIÓN .....</b>	<b>99</b>
<b>CONCLUSIONES .....</b>	<b>115</b>
<b>RECOMENDACIONES .....</b>	<b>117</b>
<b>REFERENCIAS .....</b>	<b>119</b>

## ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 2-1. Descripción edafológica del PNCS .....	18
Cuadro 2-2. Cobertura vegetal en el PNCS.....	21
Cuadro 2-3. Composición de los vertebrados con distribución en el PNCS, en alguna categoría de riesgo por la NOM-059-SEMARNAT-2010.....	24
Cuadro 2-4. Población ejidal dentro del PNCS .....	25
Cuadro 2-5. Habitantes que disponen de servicio de agua potable, drenaje y energía eléctrica por comunidad en el PNCS. ....	28
Cuadro 3-1. Incidencia de incendios forestales dentro del PNCS. ....	30
Cuadro 4-1. Factores ambientales susceptibles de ser afectados por alguna acción, e importancia por su valor cultural, histórico y científico. ....	33
Cuadro 4-2. Árbol de factores ambientales .....	34
Cuadro 6-1. Ecuaciones utilizadas para conocer el cambio en la cobertura vegetal de la CCS para los años: 1986, 2001 y 2011 en los mapas booleanos, así como los resultados de estas operaciones.....	42
Cuadro 7-1. Puntuación de los sitios de disposición final de los municipios existentes en la CCS .....	51
Cuadro 7-2. Puntuación de los municipios dentro de la CCS por el efecto de los residuos que quedan en las calles.....	52
Cuadro 7-3. Puntuación del nivel de impacto global de los municipios presentes en la CCS. Considera los SDF y RSU que quedan en la calle.....	53
Cuadro 7-4. Cobertura vegetal y su cambio a través de los años 1986, 2001 y 2011 en la Cuenca del Cañón del Sumidero. ....	54
Cuadro 7-5. Evaluación de impacto ambiental causado por los residuos que se acumulan en el PNCS. ....	59
Cuadro 7-6. Promedio de las medianas de cada parámetro (DBO <sub>5</sub> , DQO Y SST) del año 2005-2010 a lo largo del río Grijalva. ....	64
Cuadro 7-7. Análisis de los parámetros (DBO <sub>5</sub> , DQO y SST) del punto de Muestreo Mirador de Atalaya. ....	65
Cuadro 7-8. Calidad ambiental de elemento agua.....	65
Cuadro 7-9. Peligrosidad potencial de incendios en la vegetación.....	67
Cuadro 7-10. Impactos en la pesca .....	73
Cuadro 7-11. Pérdida económica al no generar energía eléctrica como consecuencia de realizar mantenimientos imprevistos en el sistema de enfriamiento debido a la obstrucción causada por residuos plásticos.....	74
Cuadro 7-12. Evaluación cualitativa del impacto ambiental causado por los residuos sólidos en el PNCS.....	80
Cuadro 7-13. Evaluación cualitativa de impacto ambiental, en el escenario "Actual o con residuos" en el PNCS81	
Cuadro 7-14. Evaluación cualitativa de impacto ambiental, en el escenario "Sin residuos" en el PNCS.....	82
Cuadro 7-15. Equipos para la recolección y disposición final de los residuos sólidos acumulados en el PNCS. ...	92

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2-1. Ubicación y municipios que abarca el PNCS.....	16
Figura 2-2. Edafología del PNCS. ....	19
Figura 2-3. Sistema de Ríos del PNCS.....	19
Figura 2-4. Tipos de vegetación presentes en el PNCS. ....	21
Figura 4-1. Árbol de factores ambientales con el valor de importancia a través de la técnica Delphi.....	34
Figura 4-2. Diagrama de redes de causa-efecto sobre la problemática de los residuos sólidos en el PNCS.....	35
Figura 6-1. Diagrama de criterios, componente y elementos para la evaluación del origen de los RSU que llegan al PNCS.....	40
Figura 6-2. Diagrama de flujo de la metodología general del estudio de impacto ambiental de los residuos sólidos en el PNCS. ....	44
Figura 7-1. Descripción de los SDF visitados durante el trabajo de campo. ....	49
Figura 7-2. Ubicación de los SDF visitados, tipo y cercanía a un cuerpo de agua dentro de la CCS. ....	50
Figura 7-3. Gráfica del valor de impacto global de los municipios en la CCS, considerando los SDF y los RSU que quedan en la calle.....	53
Figura 7-4. Mapas de la Cuenca del Cañón del Sumidero (CCS), ilustrando los valores de NDVI, Imagen booleana y cambios de vegetación a través del tiempo. ....	55
Figura 7-5. Cambio en la cobertura de la vegetación en la Cuenca del Cañón del Sumidero a través de los años de 1986, 2001 y 2011. ....	56
Figura 7-6. Calidad Ambiental Global.....	59
Figura 7-7. Calidad Ambiental del elemento Paisaje.....	61
Figura 7-8. Calidad ambiental del elemento Suelo.....	62
Figura 7-9. Puntos de muestreo a lo largo del Río Grijalva y del río Santo Domingo.....	63
Figura 7-10. Gráficas correspondientes a cada parámetro analizado del año 2005-2010 a lo largo del río Grijalva.....	64
Figura 7-11. Calidad ambiental del elemento agua. ....	66
Figura 7-12. Calidad ambiental del elemento Vegetación. ....	67
Figura 7-13. Calidad ambiental del elemento Aves.....	68
Figura 7-14. Densidad poblacional de <i>Crocodylus acutus</i> en el PNCS entre 1995 y 2007 (Sigler, 2010).....	70
Figura 7-15. Calidad ambiental del elemento Cocodrilo ( <i>Crocodylus acutus</i> ). ....	70
Figura 7-16. Calidad ambiental del elemento Peces.....	72
Figura 7-17. Calidad ambiental del elemento Pesca.....	73
Figura 7-18. Obstrucción por tapa-roscas hacia el filtro del sistema de enfriamiento de las turbinas de la CH Chicoasén. ....	74
Figura 7-19. Calidad ambiental del elemento Generación de energía eléctrica.....	75

Figura 7-20. Calidad ambiental del elemento Empleo. ....	76
Figura 7-21. Calidad ambiental en el elemento Actividad turística. ....	77
Figura 7-22. Actividad turística en el PNCS. ....	78
Figura 7-23. Calidad ambiental del elemento Salud y Seguridad.....	79
Figura 7-24. Calidad ambiental cualitativa global. ....	80
Figura 7-25. Cantidad y tipo de residuos sólidos encontrados en el Río Grijalva durante la campaña de muestreo .....	83
Figura 7-26 Composición en peso y en volumen de los residuos sólidos encontrados en el Río Grijalva dentro del PNCS .....	83
Figura 7-27 Caracterización de la madera recuperada dentro del Río Grijalva dentro del PNCS.....	84
Figura 7-28 Residuos de recursos forestales.....	86
Figura 7-29 Residuos sólidos en la categoría de plásticos y de subproductos generales.....	87
Figura 7-30. Composición de los plásticos recuperados en el Río Grijalva dentro del PNCS.....	88
Figura 7-31. Extrados de las curvas (ensenadas) al margen del Río Grijalva en las que se acumulan los residuos sólidos dentro del PNCS. ....	89
Figura 7-32. Organismos involucrados en atención a los residuos sólidos acumulados en el Río Grijalva dentro del PNCS .....	90
Figura 7-33. Cantidad y composición de los residuos sólidos recolectados durante los años 2004-2013 en el PNCS. ....	93
Figura 7-34 Ubicación de las zonas de disposición temporal-permanente de los residuos que se acumulan en el PNCS .....	95
Figura 7-35 Imágenes del sitio de disposición temporal-permanente “El Playón” .....	96
Figura 7-36 Imágenes del sitio de disposición temporal-permanente La Selvita 2.....	96
Figura 7-37. Aportación económica anual de las instituciones, del 2002 al 2013, para enfrentar el impacto de los residuos sólidos en el PNCS.....	98

## RESUMEN

El Parque Nacional Cañón del Sumidero es un área natural protegida con un alto valor ecosistémico y una belleza natural de reconocimiento internacional. Dicho Parque es surcado por el Río Grijalva a lo largo de 32 km culminando en la central hidroeléctrica Manuel Moreno Torres (Chicoasén). La cortina de la presa funciona como una barrera que impide que el agua siga su curso de forma normal, provocando que los residuos sólidos se acumulen en diferentes zonas del embalse.

El problema de acumulación de residuos en el Río Grijalva se presenta año con año, incrementándose su magnitud en época de lluvias. Los residuos sólidos provienen de los 16 municipios que conforman la Cuenca del Cañón del Sumidero. Del total, los residuos orgánicos, que representan el 97.31% en peso, derivan de las altas tasas de deforestación y erosión; los residuos inorgánicos, que representan el 2.69% en peso, provienen de la creciente demanda en el consumo de productos plásticos, aunada a la falta de aprovechamiento, conciencia, cultura y legislación ambiental para manejarlos adecuadamente.

Esta tesis constituye la primera iniciativa formal por estudiar el impacto ambiental, así como la composición y características de los residuos que son acarreados por la acción del agua a las presas.

La evaluación de impacto consideró dos escenarios para la calidad ambiental: actual o “con residuos” y “sin residuos”. La calidad ambiental se determinó de forma cuantitativa a través de indicadores ambientales establecidos por la normatividad ambiental vigente o bien consignados en la literatura, y en otros casos se propusieron específicamente para el caso en estudio. En una escala de 0 a 100 unidades, donde 0 (cero) corresponde a la peor calidad ambiental y 100 a la calidad ambiental óptima, la calidad ambiental “sin residuos” se estimó de 92.953 y “con residuos” de 79.466, por lo que el impacto causado por los residuos sólidos en el Parque Nacional es de 13.486 unidades, que de acuerdo al juicio sobre los impactos se clasifica como *moderado*. En orden de prelación, de mayor a menor impacto sobre los elementos ambientales, se tiene la lista siguiente: paisaje, peces, calidad del agua, generación de energía eléctrica, pesca, empleo temporal y cocodrilos. No obstante que para la mayoría de los elementos ambientales el juicio sobre los impactos es *compatible*, el elemento ambiental mayormente impactado es el paisaje, situación que está repercutiendo severamente. Sin embargo, esta situación hasta el momento no ha afectado la afluencia turística, debido a la gran difusión del Cañón del Sumidero en diversos medios, y porque su belleza se impone al efecto de los residuos.

Del año 2004 al 2013 se recolectaron 38,277 toneladas de residuos, y aún hay gran cantidad de residuos flotando en el Cañón. Sin actualizar el costo a valor presente, retirar una tonelada de residuos cuesta aproximadamente \$1,350.46. Si se compara con los sistemas de limpieza urbana se puede observar que es de 2.5 a 5 veces más costoso recolectar los residuos en el Río Grijalva que en las ciudades o cabeceras municipales.

Finalmente, del análisis y consulta a representantes de diversos sectores involucrados, en el presente informe se proponen importantes acciones tanto preventivas como correctivas para tomarse en cuenta en el plan de manejo de la Cuenca del Cañón del Sumidero con el propósito de mitigar esta problemática.

## ABSTRACT

The Sumidero Canyon National Park, is a protected area with high ecosystem value and natural beauty of international recognition, this Park is crossed by the Grijalva River along 32 km culminating in the hydroelectric dam Manuel Moreno Torres (Chicoasén). The curtain of the dam acts as a barrier that prevents water run its course normally, causing the solid waste to accumulate in different areas of the reservoir.

The problem of accumulation of waste in the Grijalva River occurs every year, increasing its magnitude in the rainy season, solid waste comes from the 16 municipalities of the Sumidero Canyon Basin. Of the total, organic waste which represent 97.31% by weight derived from the high rates of deforestation and erosion, inorganic wastes represent 2.69% by weight comes by growing demand in the consumption of plastic products, coupled with a lack of achievement, awareness, culture and environmental legislation to properly handle them.

This thesis is the first formal initiative to study the impact as well as the composition and characteristics of waste being hauled by the action of water dams.

The impact assessment considered two scenarios for environmental quality: Current or "waste" and "no waste". Environmental quality is quantitatively determined through environmental indicators established by current or recorded in the literature environmental regulations, and in other cases set out specifically for the case study. On a scale of 0-100 units, where 0 (zero) is the worst environmental quality and 100 to the optimum environmental quality, environmental quality "no waste" was estimated to 92.953 and "waste" of 79.466, so the impact caused by solid waste in the National Park is 13.486 units and according to judgment on the impacts is classified as moderate. In order of priority, from highest to lowest impact on environmental elements, you have the following list: landscape, fish, water quality, power generation, fishing, temporary employment and crocodiles. Although for most environmental elements judgment on the impacts is supported, mostly impacted environmental element is the landscape, a situation that is severely impacting. However, this situation has so far not affected the tourist season, due to the widespread Sumidero Canyon in various media, and because its beauty is imposed on the effect of waste.

From 2004 to 2013 38.277 tons of waste were collected, and there is still lot of waste floating in the Canyon. Without updating the present value cost to withdraw a ton of waste costs approximately \$ 1350.46. Compared with clean urban system can be seen that is 2.5 to 5 times more expensive to collect waste in the Grijalva River in cities or municipal seats.

Finally, analysis and consultation with various stakeholders, in the present report, important both preventive and corrective actions to be considered in the management plan Basin Sumidero Canyon in order to mitigate this problem are proposed.

## GLOSARIO

Para efectos de este trabajo se definen los siguientes conceptos con base a Garmendia *et al* (2005):

**Impacto ambiental:** Es la alteración de la calidad del medio ambiente producida por una actividad humana, algo que caracteriza a un impacto ambiental es el valorarlo, que implica decir si la alteración o el cambio es positivo o negativo y en qué medida.

**Calidad ambiental:** Varía su significado, dependiendo de la disciplina y uso. Se pueden separar tres definiciones básicas diferentes basadas en: la salud ambiental, la salud de las personas o la integridad de los ecosistemas. Respecto a la integridad de los ecosistemas, la calidad ambiental se refiere al mantenimiento de la estructura y su función, es decir mantener una estructura equilibrada en la composición de especies, la diversidad y los ciclos de materia y flujos de energía que se producen.

## ACRÓNIMOS

**PNCS:** Parque Nacional Cañón del Sumidero. Superficie de 21,789.4 ha.

**CCS:** Cuenca del Cañón del Sumidero. Superficie de 670,021 ha aproximadamente el 10% del territorio estatal.

**RSU:** Residuos sólidos urbanos.

**SDF:** Sitios de disposición final.

**ZOOMAT:** Zoológico Miguel Álvarez del Toro, ubicado en Tuxtla Gutiérrez Chiapas.

**CONANP:** Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas

**RS:** Relleno Sanitario

**SEMAHN:** Secretaría de Medio Ambiente e Historia Natural del Estado de Chiapas

**CA:** Calidad ambiental.

**CONAGUA:** Comisión Nacional del Agua

**CFE:** Comisión Federal de Electricidad

## **ESTRUCTURA DE LA TESIS**

La presente tesis está estructurada de la siguiente manera:

Se inicia en el capítulo 1 con la Introducción, que incluye el objetivo general y los objetivos particulares, así como los alcances y limitaciones de la investigación; en el capítulo 2 se describe la zona de estudio, considerando los aspectos físicos, biológicos, económicos y sociales; en el capítulo 3 se detalla la problemática que presenta la zona de estudio, enfocándose primordialmente a los residuos sólidos.

A partir de la información analizada en los capítulos anteriores, en el capítulo 4 se describe el árbol de acciones, que son las causas que provocan la acumulación de residuos sólidos en el Río Grijalva en la zona del PNCS, así como el árbol de factores ambientales, que son los elementos que resultan afectados por la acumulación de residuos sólidos; posteriormente, en el capítulo 5, se describe la normatividad ambiental en materia de áreas protegidas y gestión de residuos que aplica en la zona de estudio; el capítulo 6 se refiere a la metodología empleada en el trabajo de investigación.

El capítulo 7 se refiere a los resultados obtenidos durante todo el proceso de investigación, con visión de cuenca se describen y analizan los sitios de disposición final de residuos sólidos urbanos, evaluando así el aporte de cada municipio en materia de residuos hacia el Cañón del Sumidero, de igual forma se describen los resultados del análisis multitemporal efectuado a nivel de cuenca sobre la pérdida de cobertura vegetal de los años 1986, 2001 y 2011. En este capítulo también se aborda la evaluación cuantitativa y cualitativa de impacto ambiental de los residuos que se acumulan en el PNCS, como es uno de los aspectos cruciales de la tesis se aborda con mayor énfasis, amplitud y detalle. Otra sección de este capítulo son los resultados del muestreo que se realizó en el Río Grijalva para la caracterización y composición de los residuos sólidos que se acumulan en el área protegida, finalmente este capítulo describe la atención y el manejo actual de la problemática de residuos sólidos en el PNCS.

El capítulo 8 aborda una de las secciones más importantes de la tesis, que son las medidas de mitigación, considerando las medidas preventivas y correctivas con el propósito de atender la problemática.

Finalmente se dan a conocer las conclusiones y recomendaciones, que surgen a partir de todo el análisis del trabajo de investigación.

## CAPÍTULO 1 INTRODUCCIÓN

El Parque Nacional Cañón del Sumidero (PNCS), ubicado en el estado de Chiapas, fue declarado Área Natural Protegida (ANP) en el Diario Oficial de la Federación el 8 de diciembre de 1980 con una extensión de 21,789.4 ha (Vargas *et al.*, 2000).

Por sus condiciones climáticas, topográficas y geológicas, el PNCS presenta características únicas en su biodiversidad, que reflejan una riqueza ecosistémica e integridad ecológica funcional significativa, valores que consideró la Comisión Nacional para el Uso y Conocimiento de la Biodiversidad (CONABIO) al ubicarlo como una Región Prioritaria Terrestre (RPT 141) y como Área de Importancia para la Conservación de las Aves (AICA SE-46) (CONANP, 2007).

El Cañón del Sumidero es surcado por el Río Grijalva a lo largo de 32 km aproximadamente, tramo que forma parte de la cuenca hidrológica 30, que es la más importante del país en términos de su captación de agua, la formación de grandes caudales, su extensión y su capacidad de generación de electricidad. Por la importancia de los procesos hidrológicos y ecológicos que se desarrollan y la diversidad biológica que sustenta, es un sitio de protección Ramsar o Humedal de Importancia Internacional (Óp. Cit).

La relevancia del cañón del sumidero es tal, que forma parte del escudo de Chiapas y también fue nominado para ser una de las 7 Nuevas Maravillas Naturales, como único representante de México en este concurso internacional.

El PNCS posee una belleza natural y paisajística de reconocimiento mundial y un gran atractivo turístico, por lo que es uno de los principales centros de atención en el Estado, así como una importante fuente de generación de empleos (CONANP, 2007).

No obstante la gran riqueza biológica, ecológica, hidrológica, cultural y turística del Cañón del Sumidero, los estudios o investigaciones dentro del ANP han sido escasos, por lo que existe un profundo vacío de información en diferentes temas (Óp. Cit), entre ellos el impacto de las actividades humanas dentro y fuera del parque nacional, que tienen influencia directa en los procesos ecológicos que ocurren en el ANP.

Uno de los impactos ambientales causados por las actividades humanas que se realizan en el área de influencia del PNCS es la acumulación de residuos sólidos en el Río Grijalva, que se presenta cada año principalmente en la época de lluvias, en la zona denominada "El Tapón". Se considera que la modificación del flujo natural de la corriente, como consecuencia de la construcción de la Presa Hidroeléctrica Manuel Moreno Torres (Chicoasén), es la causa de tal acumulación (CONAGUA, 2009). Sin embargo, los residuos alcanzan el río debido a su manejo inadecuado durante la explotación forestal, a los afluentes contaminados con aguas residuales y al manejo inadecuado de los residuos sólidos urbanos de al menos 16 municipios de la zona de influencia del ANP, que son arrastrados a causa de las fuertes precipitaciones.

La presente tesis tiene el propósito de identificar las causas y evaluar el impacto ambiental de los residuos sólidos acumulados dentro del Parque Nacional Cañón del Sumidero, así como proponer medidas de mitigación para aspirar al uso sustentable y conservación del área natural protegida.

## **1.1 Objetivo general**

Identificar las causas y evaluar el impacto ambiental de los residuos sólidos que se acumulan en el Río Grijalva dentro del Parque Nacional Cañón del Sumidero, así como proponer medidas de mitigación que puedan considerarse en el programa de conservación y manejo del área natural protegida y de la Cuenca del Cañón del Sumidero.

### **1.1.1 Objetivos particulares**

- Identificar y describir los sitios de disposición final de los residuos sólidos urbanos que se ubican en el área de influencia del PNCS.
- Identificar las regiones con mayor deforestación dentro de la Cuenca del Cañón del Sumidero (CCS) a través de un estudio multitemporal.
- Identificar y evaluar los impactos ambientales causados por la acumulación de los residuos sólidos en el PNCS.
- Proponer medidas de mitigación de los impactos ambientales, con el propósito de aspirar al manejo sustentable del PNCS y de evitar el deterioro de la calidad de los factores ambientales.

## **1.2 Alcances y limitaciones**

### **1.2.1 Tipo de residuos**

El trabajo de investigación se enfocó a los residuos sólidos urbanos y los residuos generados por las actividades forestales que flotan en el área navegable del Parque Nacional Cañón del Sumidero.

### **1.2.2. Espacial**

Los municipios que están dentro de la Cuenca del Cañón del Sumidero y fueron contemplados en el presente estudio son: Tuxtla Gutiérrez, Chiapa de Corzo, Osumacinta, San Fernando, Berriozábal, Suchiapa, Acala, Chiapilla, Totolapa, San Lucas, Venustiano Carranza, Villaflores, Villacorzo y los municipios de nueva creación que son: Nicolás Ruiz, Emiliano Zapata y El Parral.

### **1.2.3. Operacional**

Se recorrieron los sitios de disposición final de residuos sólidos urbanos de las cabeceras municipales, así como de sus localidades que tienen una población mayor a 2000 habitantes.

## CAPÍTULO 2 DESCRIPCIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO

El propósito de este capítulo es describir el Parque Nacional Cañón del Sumidero (PNCS), especificando su ubicación, las características del medio físico (geología, fisiografía, clima, edafología e hidrología), las características del medio biótico (vegetación y fauna) y las características del medio socioeconómico (aspectos demográficos, económicos, de educación, servicios, comunicaciones y tenencia de la tierra) con el objetivo de identificar los factores ambientales de la zona de estudio que están siendo afectados por el manejo inadecuado de los residuos sólidos.

### 2.1. Ubicación del área de estudio

El PNCS se encuentra en la región sureste del país, en el Estado de Chiapas, entre los 16° 44' 00" y 16° 56' 00" de latitud norte y los 93° 00' y los 93° 11' de longitud oeste, presenta rangos altitudinales que van de 360 a 1,720 msnm. Posee una superficie de 21,789-04-19 ha (veinte un mil setecientos ochenta y nueve hectáreas, cuatro áreas y diecinueve centiáreas). Con base en la división política, abarca parte de los municipios de Tuxtla Gutiérrez (6,652.89 ha, que corresponden al 29% del ANP) Chiapa de Corzo (4,311.95 ha que corresponden al 19% del ANP), San Fernando, (4,589.48 ha que corresponden al 20% del ANP) Osumacinta (7,195.53 ha que corresponden al 30% del ANP) y Soyaló (495.70 ha que corresponden al 2% del ANP) (Figura 2-1). Sin embargo, las cabeceras municipales más cercanas son Chiapa de Corzo, Tuxtla Gutiérrez y Osumacinta. Con respecto a las regiones económicas del estado, se encuentra en la región Centro (CONANP, 2007b).

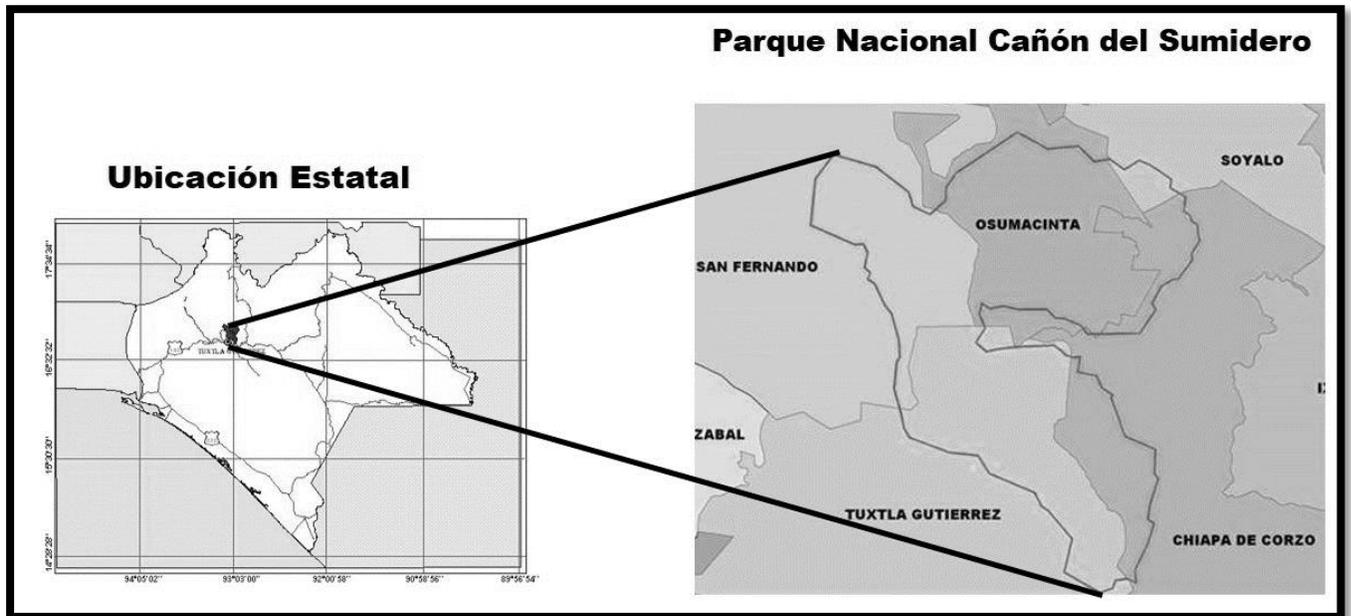


Figura 2-1. Ubicación y municipios que abarca el PNCS

## 2.2. Medio físico

Tomando el curso del río Grijalva, el Cañón del Sumidero culmina en la C.H. Chicoasén (Manuel Moreno Torres). La *formación geológica* del Cañón del Sumidero y su *ubicación fisiográfica* origina que el embalse de la Presa Chicoasén presente una gran altura (261 m), pero un embalse angosto con una capacidad de almacenamiento total de 1,376 millones de m<sup>3</sup>, a comparación de la C.H. Angostura (aguas arriba) con una altura de cortina de 143m y capacidad de almacenamiento de 10,727 millones de m<sup>3</sup>, o la C.H. Malpaso (aguas abajo), con una altura de cortina de 138 m y capacidad de almacenamiento de 9,605 millones de m<sup>3</sup>. Se presume que por presentar un embalse angosto a comparación de las hidroeléctricas mencionadas, las acumulaciones de residuos son más notorios, además que es el embalse de mayor afluencia turística y de los sitios más visitados en todo el estado de Chiapas (CONAGUA, 2008)

### 2.2.1. Geología

La formación del Cañón no se debe a un sólo factor, sino a una combinación de fallas y disoluciones que permitieron la formación de un anticlinorio que se fracturó y falló, lo que permitió infiltraciones que originaron cavidades, grietas, barrancas y cañones que durante el Plioceno fueron erosionados hasta formar un cañón de estas dimensiones (CONANP, 2007b)

Las rocas, sobre las que corre el Río Grijalva y gran parte de la superficie del PNCS, son calizas macizas del Jurásico y Cretácico. No obstante, se han formado depósitos de origen fluvial en los alrededores de la presa Chicoasén y a lo largo de varios cauces. El relieve de las altiplanicies de las mesetas, que colindan con el Cañón, está estructurado por depresiones kársticas de tamaño variable y elevaciones de poca altura. Las calizas de esta zona están sujetas a la karstificación, por lo que no se presentan escurrimientos superficiales importantes en las altiplanicies (Óp. Cit).

### 2.2.2. Fisiografía

El PNCS está ubicado entre las regiones fisiográficas de la Depresión Central y Altiplanicie de Chiapas; limita en una pequeña porción con las Montañas del Norte. El Cañón del Sumidero está formado por dos tipos de relieve principales: el primero y más antiguo, representado por planicies del Cenozoico Superior con altitudes que oscilan entre los 1,000 y 1,700 msnm; el segundo relieve, más joven, está conformado por profundos cañones con grandes escarpes del cuaternario, cuyo origen se debe a levantamientos rápidos de planicies en donde no alcanzaron a actuar procesos exógenos (CONANP, 2007b).

El principal afluente del PNCS es el Río Grijalva que, después de dejar la Depresión Central de Chiapas, pasa a través del Cañón del Sumidero y cruza las fallas Muñiz y Chicoasén. La antigüedad del Cañón se calcula en 136 millones de años, la altura de las paredes oscila entre los 700 a 1230 msnm en casi todo su recorrido, a excepción de la presa Chicoasén que es de 600 m. La separación entre las paredes del Cañón varía de uno a dos kilómetros (Óp. Cit).

### 2.2.3. Clima

En el PNCS se presentan tres diferentes tipos de clima con base en la clasificación de Köppen, modificado por E. García: cálido seco, semicálido y cálido húmedo. La precipitación promedio es de 1,000 mm en la época de lluvias (mayo a octubre) y de 200 mm en período de secas (noviembre a abril) debido a la presencia de las Montañas del Norte de Chiapas y la Sierra Madre de Chiapas al sur de la Depresión Central del estado, que funcionan como barreras orográficas para las masas de aire cargadas de humedad provenientes del Golfo de México y del Pacífico; por lo tanto los vientos dominantes en la zona proceden del noroeste (CONANP, 2007b). Es en la época de lluvias (especialmente los meses de septiembre y octubre) donde se acentúa la problemática de acumulación de residuos en el río Grijalva en el PNCS.

### 2.2.4. Edafología

Con base en las características geológicas y de desarrollo descrita por el INEGI (1985) el PNCS presenta cuatro tipos de suelos que se describe a continuación y se puede observar en el cuadro 2-1 y figura 2-2 (INEGI, 2004):

**Litosoles:** Suelos someros con una profundidad menor a 10 cm y de capacidad baja para la retención de agua. Por las características del PNCS ocupan el primer lugar en extensión con 10,734.31 ha. En este tipo de suelo es donde se están depositando los residuos de madera así como los residuos plásticos que se extraen del río Grijalva.

**Rendzinas:** Suelos relativamente someros y ricos en carbonato de calcio; se distribuyen en el extremo noreste y suroeste del parque así como en el área que colinda con la ciudad de Tuxtla Gutiérrez donde se encuentran asociados con feozems háplicos. Abarcan una superficie de 8,263.77 ha.

**Feozem:** Son suelos que se caracteriza por tener una capa superficial oscura, suave, rica en materia orgánica, por lo que presentan mayor fertilidad. En el PNCS presenta solo una pequeña superficie con 1,390.82 ha.

**Vertisol:** Suelos que se caracterizan por su alto contenido de arcilla que se expanden con la humedad y se contraen con la sequía, en el PNCS se encuentra en la parte sur principalmente y ocupa una superficie total de 1,815.04 ha.

**Cuadro 2-1. Descripción edafológica del PNCS**

CLAVE	Unidad de Suelo Dominante	Subunidad de Suelo Dominante	Unidad de Suelo Secundaria	Subunidad de Suelo Secundaria	Unidad de Suelo Terciaria	Subunidad de Suelo Terciaria	Área (ha)
E+Rc/2/L	Rendzina		Litosol		Regosol	calcáric	462.22
E+Rc+I/2/L	Rendzina		Regosol	calcáric	Litosol		7,283.27
E+I/2/L	Rendzina		Litosol			crómico	45.38
I+E+Lc/3	Litosol		Rendzina		Luvisol		5,867.89
E+I/2/L	Rendzina		Litosol				50.24
I/2	Litosol						4,866.42
E+Vp/3/PC	Rendzina		Vertisol	pélico			422.66
Hh+Rc/2/L	Feozem	háplico	Regosol	cútrico			969.95
Hh+Rc/2/L	Feozem	háplico	Regosol	cútrico			420.87
Vp+Hh/3/P	Vertisol	pélico	Feozem	háplico			1,725.63
Vp+I/3/P	Vertisol	pélico	Litosol				89.41

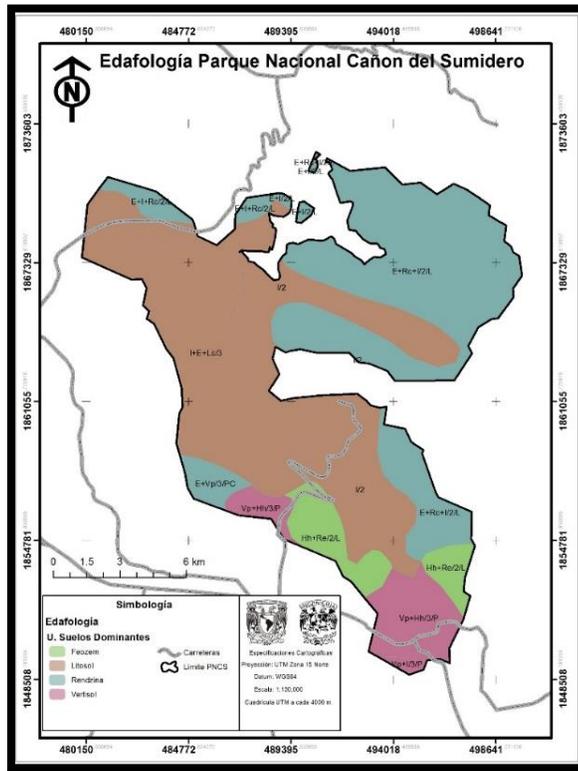


Figura 2-2. Edafología del PNCS.

## 2.2.5. Hidrología

La zona del PNCS se conforma por tres sistemas hidrológicos: 1) El del Río Grijalva, 2) El de la presa de Chicoasén y 3) El sistema hidrológico kárstico de las mesetas calcáreas que colindan con el Cañón del Sumidero (CONANP, 2007b). En la figura 2-3 se observa el mapa de Ríos del PNCS.

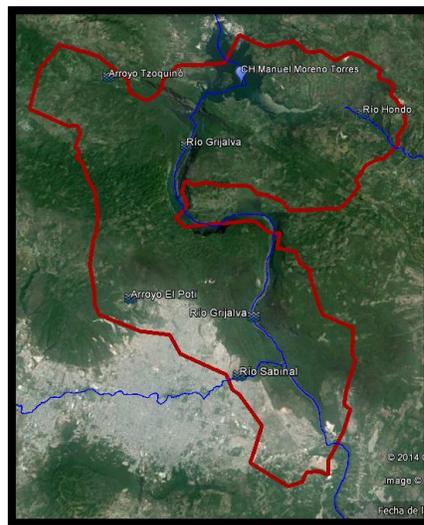


Figura 2-3. Sistema de Ríos del PNCS

El Río Grijalva cuenta con numerosos afluentes y manantiales que descienden tanto de la Sierra Madre de Chiapas como de los Altos o Meseta Central. Este río ha experimentado a lo largo de su curso transformaciones impactantes por la construcción de tres presas: La Angostura, Netzahualcóyotl y Chicoasén, esta última ocupa el tercer lugar mundial en altura de cortina. Con la construcción de la presa de Chicoasén se formó un embalse de 32 kilómetros de largo que abarca la totalidad del cañón y que ahora es navegable. La cuenca a la que pertenece el embalse de Chicoasén es la del Río Grijalva con un área de 7,940 km<sup>2</sup>, comprendida entre las presas la Angostura y Chicoasén y un caudal promedio anual de 40 millones de m<sup>3</sup> (Gutiérrez y Hernández, 1988). El cuerpo de agua que forma el Río Grijalva al interior del PNCS corresponde a 1539.1976 ha (6.22%) de su superficie total (CONANP, 2007b).

La construcción de la cortina de Chicoasén se inició en agosto de 1974 y se programó cerrar los túneles de desvío en mayo de 1979, lo que cubrió parte de los municipios de San Fernando, Chicoasén, Osumacinta, Chiapa de Corzo y Tuxtla Gutiérrez. La construcción de la presa originó drásticas transformaciones geomorfológicas e hidrológicas, así como pérdida de flora y fauna nativa, dado que el nivel natural del río aumentó entre 100 y 200 metros (Óp. Cit).

La presa de Chicoasén, ubicada entre los 200 y 395 msnm, produce energía a través de la retención y manejo de los caudales de los ríos Grijalva, Hondo y de los arroyos Muñiz y El Jardín que convergen al Río Osumacinta (CONANP, 2007b)

La dinámica de comportamiento del caudal que fluye por el Cañón del Sumidero está determinada por la administración del líquido en las distintas cortinas y embalses. La Comisión Nacional del Agua mantiene un sistema de monitoreo permanente sobre el cauce de este cuerpo de agua y del Río Sabinal uno de sus principales tributarios (Óp. Cit).

## **2.3. Medio biológico**

### **2.3.1. Vegetación**

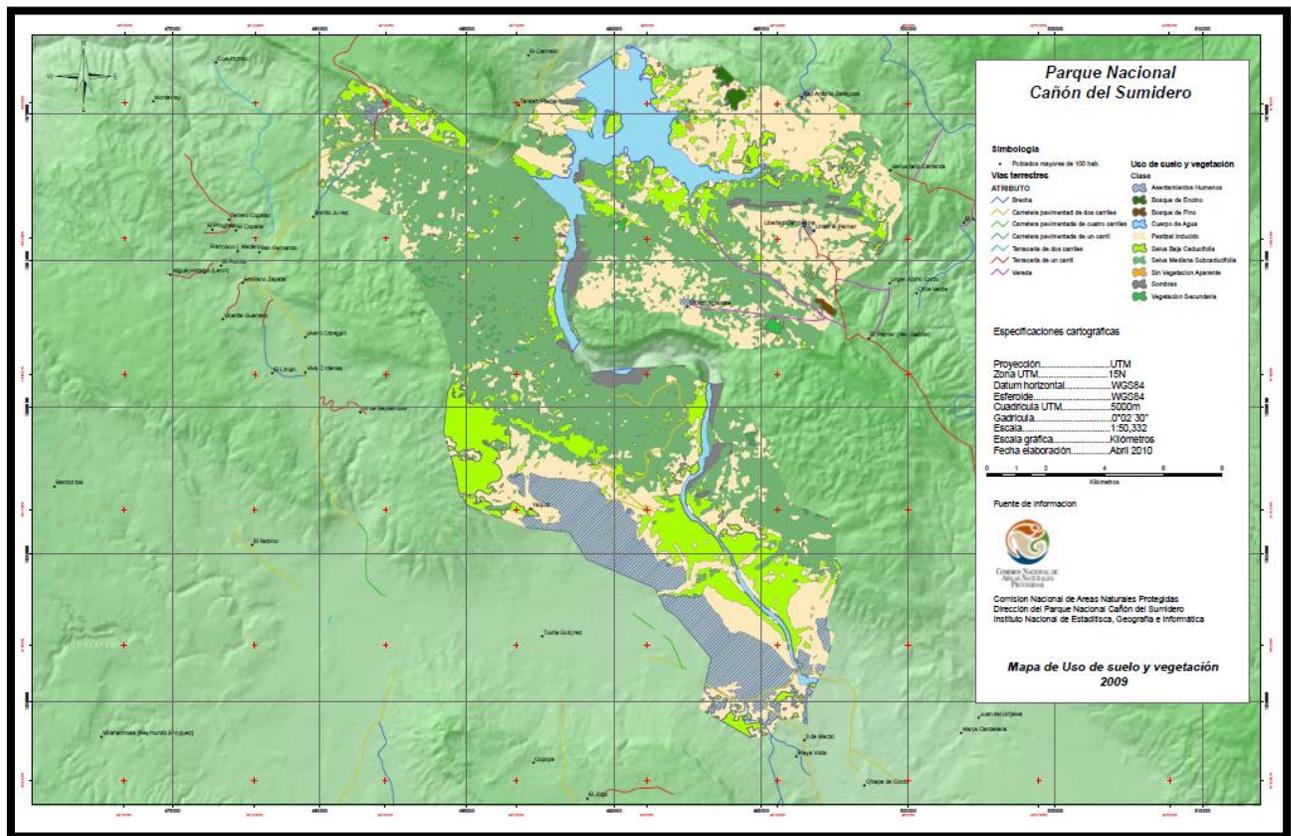
El inventario florístico del PNCS se reporta con 1,298 especies, 632 géneros, 135 familias y 58 infraespecies. Las familias más representativas corresponden a Fabaceae (126 especies y 52 géneros) y Asteraceae (107 especies y 65 géneros). La selva baja caducifolia es el más diverso con 30.91% de las especies reportadas. Dentro de alguna categoría de riesgo dentro de la NOM-059-SEMARNAT-2010 se registraron 24 especies y 2.6% de la flora del Cañón del Sumidero es endémica de Chiapas (Espinoza-Jiménez et al., 2011).

Los tipos de vegetación del parque se definen como selva mediana subcaducifolia, selva baja caducifolia, selva mediana perennifolia, bosque de pino, bosque de encino, pastizal inducido, la vegetación *crasicaule*, vegetación riparia y vegetación secundaria (Ver figura 2-4). En el cuadro 2-2 se muestra la cobertura vegetal del PNCS elaborada con base en imágenes Spot en el 2009, en el caso de la vegetación mediana perennifolia, *crasicaule* y riparia no se muestra la superficie debido a que son poblaciones muy reducidas y dispersas que no se observan a escala 1:50,000. Posteriormente se describe a cada tipo de vegetación (CONANP, 2007).

**Cuadro 2-2. Cobertura vegetal en el PNCS**

Clase	ha	%
Selva mediana subcaducifolia	9,030.25	38.44
Selva baja caducifolia	4,248.71	18.09
Bosque de encino	57.50	0.24
Bosque de pino	20.17	0.09
Pastizal inducido	6,257.88	26.64
Vegetación secundaria	150.50	0.64
Cuerpo de agua	1,523.45	6.49
Asentamientos humanos	1,835.16	7.81
Sombra	361.55	1.54
Sin vegetación aparente	6.69	0.03
Total	23491.86	100

**Fuente:** Documentos internos CONANP. Con base en imagen Spot 2009.



**Figura 2-4. Tipos de vegetación presentes en el PNCS.**

**Fuente:** A partir de una imagen de satélite Spot de 2009. Archivo interno CONANP.

*Selva Mediana Subcaducifolia (SMS)*. (CONANP, 2007b)

Se localiza principalmente en las paredes del Cañón, al norte y este del parque hacia San Fernando y en la Cañada Muñiz; entre los 150 y 1,250 m, ocasionalmente se presenta en los 1,000 msnm y se sustenta en rocas basálticas o graníticas y donde hay afloramientos de calizas que dan origen a suelos oscuros, muy someros, con abundante pedregosidad o bien en suelos grisáceos arenosos y profundos.

El estrato arbóreo está compuesto por las siguientes especies: mojú (*Brosimum alicastrum*) Guanacaste (*Enterolobium cyclocarpum*) totoposte (*Licania arborea*) jocotillo (*Astronium graveolens*) cedro (*Cedrela odorata*) cuaulote blanco (*Luehea candida*) hormiguillo (*Platymiscium dimorphandrum*) chicozapote (*Manilkara achras*) tempisque (*Mastichodendron capiri*) y varias especies de amates (*Ficus* spp.).

El sotobosque es muy diverso, con gran cantidad de palmas y aráceas. El epifitismo es también abundante, principalmente de orquídeas, bromelias y cactáceas. En las paredes, casi verticales del Cañón, se pueden encontrar cactáceas columnares del género *Acanthocereus*, bromelias y gramíneas, así como helechos y musgos.

*Selva Baja Caducifolia (SBC)*. (CONANP, 2007b)

Se localiza a la altura de los miradores La ceiba y La coyota en la región sur y sureste del parque, continúa hacia el este hasta la Cañada La Chacona y al sur hasta Tuxtla Gutiérrez.

Entre las especies más importantes están el camarón (*Alvaradoa amorphoides*) mulato (*Bursera simaruba*) mosmot (*Ceiba acuminata*) copalillo (*Bursera bipinnata*) copal (*Bursera excelsa*) pomposhuti (*Cochlospermum vitifolium*) brasil (*Haematoxylon brasiletto*) barbasco (*Piscidia piscipula*) caobilla (*Swietenia humilis*) ishcanal (*Acacia collinsii*) sospó (*Pseudobombax ellipticum*) entre otras, abundan las lianas y bejucos.

*Bosque de Encino (BQ)*. Bosque de Quercus (Rzedowsky, 1983). (CONANP, 2007b)

Se desarrolla a partir de los 1,200 m, en lugares más o menos calientes con una precipitación de alrededor de 1,500 mm. La especie más frecuente es el roble (*Quercus conspersa*) la cual a menudo se encuentra mezclada con selva mediana subcaducifolia y selva baja caducifolia. Este tipo de vegetación se desarrolla en suelos profundos.

Se han identificado algunos manchones de encinos hacia el noroeste, en las partes más altas, que se continúan en bosques de pino-encino hacia la región de Soyaló. El epifitismo es muy abundante, con gran cantidad de bromelias del género *Tillandsia* y orquídeas de los géneros *Maxillaria*, *Lycaste*, *Cattleya*, *Laelia*, entre otras.

*Bosque de Pino (BP)*. (CONANP, 2007b)

Es una comunidad siempre verde constituida por árboles del género *Pinus*. Poseen una altura promedio de 15 a 30 m, tienen un estrato inferior relativamente pobre en arbustos, pero con abundantes gramíneas (INEGI, 2005). Este tipo de vegetación se encuentra en la comunidad de El Palmar.

*Pastizal Inducido (PI)*. (CONANP, 2007b)

Este tipo de vegetación se observa en las laderas norte y sur del Cañón asociada con vegetación secundaria de diferentes edades donde prospera el Cadox (*Tecoma stans*) Cuchunuc (*Gliricidia sepium*) Flor de mayo (*Plumeria rubra*) e Ishcanal (*Acacia collinsii*).

En el pasado estas áreas estuvieron sometidas a incendios frecuentes a causa de las prácticas de cultivo (roza-tumba-quema). El pastizal inducido surge cuando es eliminada la vegetación original, en áreas agrícolas abandonadas o bien como producto de áreas que se incendian con frecuencia, en todos los casos el grado de influencia de actividades antropogénicas es muy variable y de difícil estimación.

*Vegetación secundaria. (VS).* (CONANP, 2007b)

Comunidades originadas por la destrucción de la vegetación primaria, que puede encontrarse en recuperación tendiendo al estado original y en otros casos presenta un aspecto y composición florística diferente. Se desarrolla en zonas desmontadas para diferentes usos y en áreas agrícolas abandonadas (Carranza, 2003).

Existen acahuales de diferentes edades donde prospera el cadox (*Tecoma stans*) cuchunuc (*Gliricidia sepium*) flor de mayo (*Plumeria rubra*) e ishcanal (*Acacia collinsii*) principalmente. Estas áreas están sometidas a incendios frecuentes a causa de las prácticas de cultivo (roza-quema) que a menudo arrasan con extensiones considerables de cobertura vegetal.

*Selva Mediana Perennifolia (SMP).* (CONANP, 2007b)

Este tipo de vegetación se observa en las laderas del Cañón que están en contacto con el Río Grijalva. Estas comunidades se desarrollan en altitudes entre los 1,000 y 2,500 msnm. Sus suelos son someros pero contienen grandes cantidades de materia orgánica sin descomponer; tienen baja capacidad de retención de humedad. Sus especies importantes son perennes y generalmente componentes de la selva alta perennifolia. Estructuralmente se trata de una selva muy densa, pero que no excede normalmente los 15 ó 25 m de alto. Una de sus características más notables es la abundancia de líquenes, musgos y helechos.

*Matorral Crasicaule (MC)* (CONANP, 2007b)

Tipo de vegetación dominada fisonómicamente por cactáceas con tallos aplanados o cilíndricos que se desarrollan en ciertas zonas de roca desnuda y poco suelo, características que se observan en las paredes del Cañón.

*Vegetación riparia (VR).* (CONANP, 2007b)

Se localiza a lo largo de las riberas y su principal componente es el sabino (*Taxodium mucronatum*) que a menudo se mezcla con elementos de selva mediana subcaducifolia como el mulato (*Bursera simaruba*) camarón (*Alvaradoa amorphoides*) totoposte (*Licania arborea*) y varias especies de amates (*Ficus spp.*).

### **2.3.2. Fauna**

El Cañón del Sumidero forma parte de la región terrestre prioritaria para la conservación denominada La Chacona-Cañón del Sumidero RTP-141 (CONANP, 2007) de gran interés por sus endemismos de aves, mamíferos, mariposas y flora, con diversas especies incluidas en alguna categoría de riesgo en la norma oficial mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010. El PNCS se incluye en el Corredor Laguna Bélgica-Sierra el Limón-Cañón

del Sumidero, que constituye un Área de Importancia para la Conservación de las Aves en México- AICA 191. El Parque Nacional Cañón del Sumidero también fue reconocido a partir de febrero del 2004 como un humedal de importancia internacional por la Convención RAMSAR (CONANP, 2007)

Con respecto a la fauna, los datos actualizados para el PNCS indica una riqueza específica de 365 especies de vertebrados terrestres distribuidas de la siguiente manera: 29 especies de peces, 15 de anfibios, 41 de reptiles, 224 de aves y 56 de mamíferos (Ver cuadro 2-3). (Velázquez et al., 2014) (SEMARNAT-CONANP, 2011) Y (CONANP, 2007b).

De las especies de fauna distribuidas en el PNCS, 47 vertebrados se encuentran en alguna categoría de riesgo en la NOM-059-SEMARNAT-2010. En síntesis, diez están amenazadas (2.73% respecto al parque) 35 bajo protección especial (9.6% respecto al parque) dos especies se encuentran en peligro de extinción (0.56% respecto al parque).

**Cuadro 2-3. Composición de los vertebrados con distribución en el PNCS, en alguna categoría de riesgo por la NOM-059-SEMARNAT-2010.**

	Total en el ANP	Amenazadas	Protección Especial	Peligro de Extinción	Total en NOM-059
<b>Peces</b>	29	1	3	0	4
<b>Anfibios</b>	15	1	3	0	4
<b>Reptiles</b>	41	2	12	0	14
<b>Aves</b>	224	5	16	0	21
<b>Mamíferos</b>	56	1	1	2	4
<b>Total</b>	<b>365</b>	<b>10</b>	<b>35</b>	<b>2</b>	<b>47</b>

Fuente: (Velázquez et al., 2014) (SEMARNAT-CONANP, 2011) Y (CONANP, 2007b).

*Ictiofauna:* Se ha documentado un total de 29 especies, 25 de ellas nativas y cuatro exóticas, pertenecientes a 13 familias y ocho órdenes. La especie *Paraneetroplus hartwegi* es endémica para Chiapas y se encuentra en la categoría de amenazada, las especies *Rhamdia guatemalensis*, *Cichlasoma grammodes* y *Potamarius nelsoni* son especies con la categoría de protección especial (Velázquez et al., 2014).

#### *Herpetofauna*

La riqueza herpetofaunística del Cañón del Sumidero representa el 4.31% especies respecto a Chiapas y el 1.91% respecto a México. Las especies endémicas a México que se distribuyen en el PNCS son *Rana brownorum*, *Ctenosaura acanthura* y *Lepidophyma chicoasensis*.

#### *Ornitofauna*

El grupo de vertebrados más representado en la zona son las aves, con 224 especies registradas. Representan el 32.14% de especies respecto a Chiapas y 20.44% a México (CONANP, 2011).

En la composición avifaunística del parque, los órdenes predominantes son *Passeriformes* y *Ciconiiformes* que agrupan especies que dependen particularmente de la existencia de cuerpos de agua (CONANP, 2007b).

#### *Mastofauna*

La riqueza mastofaunística representa el 4.08% de especies respecto a Chiapas y 1.81% a México. En el PNCS las especies en peligro son el mono araña (*Atteles geoffroyi vellerosus*) y el oso hormiguero (*Tamandua mexicana*). Amenazado está el murciélago hocicudo de Curazao (*Leptonycteris curasoae*) y en protección especial el mico de noche (*Potos flavus*). (CONANP, 2011) Y (CONANP, 2007b).

## 2.4. Medio socioeconómico

### 2.4.1. Aspectos demográficos

Al interior del parque se encuentran las siguientes localidades: El Paraíso, La Esperanza, Libertad Campesina, La Unión, Triunfo Agrarista, Tierra Colorada y Buena Vista-Cahuaré, que ocupan una superficie aproximada de 659.5637 ha y que representa el 3.02% de la superficie del ANP . La población establecida al interior del PNCS para el año 2000 fue de 2098 y para el año 2010 fue de 2450 habitantes, habiendo un incremento poblacional en 10 años del 16% (INEGI, 2010). En el caso de las localidades de *La Unión* y *Buenavista-Cahuaré* no fueron encontradas en los datos de INEGI, por lo que se tomaron directamente de los archivos internos del PNCS (Cuadro 2-4).

**Cuadro 2-4. Población ejidal dentro del PNCS**

Municipio	Ejido	Superficie Total (ha)	Superficie afectada (ha)	Población ejidal 2000	Población ejidal 2010
Osumacinta	El Paraíso	54-50-00	42.1750	136	141
	La Esperanza	35-00-00	23.2500	112	164
	Libertad Campesina	574-27-50	574.2750	436	580
	Triunfo Agrarista,	908-00-00	472.0000	568	651
Chiapa de Corzo	La Unión		ID	329	329
	Buena Vista- Cahuaré		ID	350	350
Tuxtla Gutiérrez	Tierra Colorada	376-56-37	376.5637	167	235
		<b>1948-33-87</b>	<b>659.5637</b>	<b>2098</b>	<b>2450</b>

**Fuente:** Archivo interno CONANP, (INEGI, 2000); (INEGI, 2010)

### 2.4.2. Economía

#### **Población asentada dentro del ANP (CONANP, 2007b)**

La principal fuente de ingresos para la población asentada en el parque proviene de las actividades agrícolas, el maíz es el cultivo primordial para autoconsumo y venta a pequeña escala; los campesinos tienen un bajo nivel de vida debido a la poca productividad, que se acentúa por la ausencia de técnicas adecuadas para el manejo y conservación del suelo, la falta de equipos y servicios (créditos, riesgos compartidos etc.).

Por su parte, la ganadería representa escasa importancia dentro de las actividades económicas del ANP; esta actividad se realiza sólo para consumo local debido a la carencia de créditos para la compra de pies de cría, engorda y calidad de los derivados; mientras que en el municipio de Osumacinta la principal fuente de empleo la constituye la Comisión Federal de Electricidad.

La pesca comercial, representa otra de las actividades económicas; se realiza oficialmente desde enero de 1999, cuando se otorgó un permiso de pesca con vigencia de dos años a 56 pescadores agremiados en una Sociedad de Solidaridad Social (SSS). Las artes de pesca utilizadas (2006) son 30 redes agalleras de 50, 100 y 120 m de longitud y 5 m de altura, con una luz de malla de 90 mm; así como cuatro motores fuera de borda para 27 lanchas. Es importante mencionar que también se realiza pesca de autoconsumo, realizada por pescadores libres que no pertenecen a organizaciones y son comunidades colindantes con el Río Grijalva.

Dado el uso del suelo en la comunidad Tierra Colorada, la principal actividad económica la constituye el cultivo de café orgánico en donde 42 productores forman parte de la Unión de Ejidos San Fernando; de los cuales 36 son orgánicos, cuatro se encuentran en el proceso de transición y dos en la primera etapa de transición hacia la producción orgánica del aromático.

Finalmente, algunos pobladores de Chicoasén y Osumacinta se emplean en la Comisión Federal de Electricidad para trabajos eventuales.

Otra actividad de importancia económica son los servicios turísticos, aunque sólo una pequeña parte de la población se dedica a ella, y más adelante se menciona detalladamente.

Los talleres comunitarios que se realizaron para la formulación del Programa de Conservación y Manejo del PNCS permitieron conocer que en la porción oeste del parque (El Palmar, Libertad Campesina, Triunfo Agrarista y La Unión) la actividad más importante es la ganadería para sustento familiar, seguido del cultivo del maíz, la cafecultura, la crianza de puercos, la fruticultura, la crianza de aves y la carpintería. Las actividades que ocupan mayor superficie del ANP son la ganadería y la siembra de maíz y café; mientras que las más redituables económicamente son la ganadería, el maíz y la carpintería.

Asimismo, en la porción este del ANP (Benito Juárez, Gabriel Esquinca, Osumacinta y El Carmelo) resultó que la actividad más importante es el cultivo de maíz y su establecimiento no sólo tiene implicaciones con respecto a la sustitución de bosques y selvas, sino que el sistema de producción empleado requiere de la utilización de agroquímicos (fertilizantes y herbicidas) cuyas consecuencias en cuanto a contaminación son advertidas por los propios pobladores. En segundo lugar se encuentra la ganadería; esta es la actividad que mayor superficie emplea y en la mayoría de los casos es una derivación producto del abandono de las tierras infértiles que deja la agricultura; en general las restricciones que impone la disponibilidad de agua no han favorecido que esta actividad crezca. Otra actividad importante en esta zona es la carpintería.

**Población no asentada en el ANP pero económicamente depende del cañón del sumidero a partir del turismo (CONANP, 2007b).**

La actividad económica más importante es el turismo, con influencia nacional e internacional. Las actividades que realizan los turistas que visitan el PNCS son recorridos en lanchas a través del Río Grijalva, la visita a los miradores turísticos, actividades deportivo-recreativas como el ciclismo, rapel, caminata, escala de montaña y saltos base. Es común también la exploración de las cuevas o formaciones geológicas, así como el desarrollo de actividades e investigación a través de la espeleología. Cabe señalar la particularidad del torneo de pesca deportiva realizado anualmente y el maratón de natación Copa Mundo Fina, celebrada anualmente. Dentro del Cañón del Sumidero se localiza el Parque Ecoturístico Cañón del Sumidero (PECS) ó llamado Parque Amikuu, donde también se realizan actividades como el kayak, tirolesa, ciclismo y descenso en paredes.

Para el traslado de turistas al Cañón, en el 2007 existían ocho empresas prestadoras de servicios turísticos: siete vía fluvial y una terrestre. Los servicios consisten en actividades de recorridos y observación de flora y fauna. Estas empresas son: Sociedad Cooperativa Nandiume, Sociedad Cooperativa de Transporte Fluvial Cahuaré, Sociedad Cooperativa Nandambua, Sociedad Cooperativa Ángel Albino Corzo, Sociedad Cooperativa Multiservicios Turísticos Osumacinta S.C. de RL., Sociedad Cooperativa Turística del Grijalva, Parque Amikuu y Transporte Panorámico, respectivamente. Asimismo, existen siete prestadores de servicios turísticos consistentes en ventas de artesanías y alimentos.

El Cañón del Sumidero es uno de los mayores atractivos turísticos del estado de Chiapas, motivo por el cual es visitado por turistas tanto nacionales como extranjeros. En el 2006 el parque recibió un promedio de 343,066.66 visitantes, de los cuales el 98.11% fueron de nacionalidad mexicana y el 1.89% fueron de extranjeros, hasta el momento se tienen registrados 31 países de origen, siendo Francia y Estados Unidos de América los mejor representados en las encuestas. Guatemala, Colombia, Venezuela, Brasil, Chile, Perú, Salvador, Cuba, Checoslovaquia, Dinamarca, Inglaterra, Grecia, Holanda, Polonia, Hungría, Bulgaria, Rep. Checa, Japón, Rusia, Corea, y Australia son algunos países que también visitan el Parque Nacional. En el caso del turismo nacional la afluencia se realiza en mayor medida, debido a que representa el principal centro de atracción para la capital del estado, Tuxtla Gutiérrez y de suma importancia para los pobladores de los municipios aledaños. Presenta tres temporadas altas que son abril (semana santa) julio- agosto (vacaciones escolares) y diciembre. El Cañón del Sumidero es una fuente importante para la generación de empleos y es una de las derramas económicas más importantes para el turismo estatal (CONANP, 2007b).

### 2.4.3. Educación

La población al interior del PNCS presenta un 10.94% de analfabetismo, y de igual manera sólo un 10.94% de la población de 15 años y más tiene la primaria completa (INEGI, 2010) (Cuadro 2-4).

**Cuadro 2-4. Servicio de educación por localidad en el PNCS**

Municipio	Comunidad	Población Ejidal Total	Población de 15 años y más analfabeta	Población de 15 años y más primaria completa
Chiapa de Corzo	La Unión	329	52	6
	Buena Vista-Cahuaré	350	58	9
Osumacinta	Triunfo, A.	651	55	87
	Libertad C.	580	60	68
	La Esperanza	164	6	35
Osumacinta	El Paraíso	141	8	33
Tuxtla Gutiérrez	Tierra Colorada	235	29	30
<b>Total</b>		<b>2,450</b>	<b>268</b>	<b>268</b>

Fuente: (INEGI, 2010)

En general, las comunidades cuentan con planteles de educación preescolar y primaria, dependientes de los Servicios Educativos para Chiapas (SECH). El acceso a la educación media básica es posible a través del traslado a las comunidades que cuentan con este servicio como El Palmar, Libertad Campesina, Benito Juárez, Gabriel

Esquinca y Osumacinta, con un esquema de telesecundarias y secundarias dependientes de la Secretaría de Educación Pública (SEP). En cuanto a la educación media superior, la región noroeste del parque es sumamente complicada debido a la lejanía del plantel que imparte este servicio, como el COBACH plante 118 en el ejido El Palmar a siete kilómetros de las comunidades de Libertad Campesina, La Unión y El Triunfo. En la región noreste, el acceso a este servicio es a través de las cabeceras municipales de San Fernando, Tuxtla Gutiérrez y Chiapa de Corzo. Asimismo, el acceso a la educación superior es a través del traslado a las cabeceras municipales de Tuxtla Gutiérrez y Soyaló.

#### 2.4.4. Servicios

La cobertura y calidad de los servicios es deficiente. De la población al interior del parque 14.08% tiene agua entubada, 14.04% cuenta con drenaje y 19.59% cuenta con energía eléctrica (INEGI, 2010) (Cuadro 2-5).

**Cuadro 2-5. Habitantes que disponen de servicio de agua potable, drenaje y energía eléctrica por comunidad en el PNCS.**

Población	Población Ejidal	Agua entubada	Drenaje	Energía eléctrica
La Unión	329	13	7	72
Triunfo, A.	651	151	152	148
Libertad Campesina	580	105	109	109
La Esperanza	164	33	33	32
El Paraíso	141	31	31	31
Buena Vista-Cahuaré	350	12	9	86
Tierra Colorada	235	0	3	2
<b>Total</b>	<b>2450</b>	<b>345</b>	<b>344</b>	<b>480</b>

Fuente: (INEGI, 2010)

#### 2.4.5. Comunicaciones

Desde la ciudad de Tuxtla Gutiérrez se puede ingresar al PNCS por vía terrestre a través del libramiento norte hasta llegar al kilómetro cinco de la Calzada Cañón del Sumidero. Desde el municipio de Osumacinta se llega por la carretera federal que conduce a la presa Hidroeléctrica Manuel Moreno Torres y por vía fluvial a través de los embarcaderos de Chicoasén y Osumacinta. Desde la ciudad de Chiapa de Corzo se ingresa por vía fluvial a través de cuatro embarcaderos. Al interior del parque es posible visitar los miradores turísticos a través de dos carreteras federales (CONANP, 2007b). Por otro lado, existen caminos de terracería y veredas que dan acceso a las comunidades.

#### 2.4.6. Tenencia De La Tierra

A finales de la década de 1990, la tenencia de la tierra en el PNCS era: 35% ejidal, 29% nacional, 27% particular e indeterminada el 9% de la superficie (CONANP, 2007b).

A partir de 1980 se inició el proceso de indemnización de los terrenos que fueron afectados por la expropiación de la superficie del PNCS, sin embargo, quedó inconcluso; reinició en 2005, bajo la gestión de CONANP para indemnizar seis pequeñas propiedades, cinco del municipio de San Fernando (San José la Montaña, El Triunfo, anexo a los terrenos de Muñiz, Las Delicias y El Recreo) y uno de Tuxtla Gutiérrez (El Otatal) que en su conjunto suman una superficie de 465 ha. Este proceso continuó durante 2006 con la indemnización de dos predios (Betania y Fracción el Yukis) que en su conjunto suman una superficie de 28.33 ha; de igual forma, tres predios fueron verificados para su avalúo (*Op Cit*).

No obstante este proceso de indemnización, hasta el 2006 existían al interior del parque trabajaderos de ocho comunidades (Gabriel Esquinca, Benito Juárez, Dieciséis de Septiembre, Ejido Osumacinta, El Palmar, Nuevo Bochil, Francisco Sarabia y San Antonio Zaragoza); cuatro predios sin habitantes (El Sacabastal, Nido de Águila-Loma Larga, El Mujular y El Yukis) y siete comunidades con población (El Paraíso, La Esperanza, Libertad Campesina, La Unión, Triunfo Agrarista, Tierra Colorada y Buena Vista-Cahuaré). En el cuadro 2-6 se puede observar la tenencia actual del PNCS con base al Registro Agrario Nacional (*Op Cit*).

**Cuadro 2-6. Régimen de propiedad de la tierra en municipios del PNCS**

Municipio	Ejido	Régimen de propiedad	Superficie total (ha, ar,cent)	Superficie afectada (ha, ar,cent)	Porcentaje dentro del PNCS (%)
San Fernando	Gabriel Esquinca	Ejido	568-30-00	232-65-60	40.9
	Benito Juárez	Ejido	806-80-00	507-60-00	62.9
	Dieciséis de Septiembre	Ejido	40-00-00	02-35-00	5.8
Osumacinta	Ejido Osumacinta	Ejido	2,994-00-00	1,747-22-50	58.3
	El Paraíso	Propiedad privada	54-50-00	42-17-50	77.3
	La Esperanza	Propiedad Privada	35-00-00	35-00-00	100
	Libertad Campesina	Ejido	574-27-50	574-27-50	100
Chiapa de Corzo	Triunfo Agrarista	Ejido	908-00-00	472-00-00	51.9
	La Unión	Ejido			
	El Palmar (San Gabriel)	Ejido	483-60-00	188-32-00	38.9
	Nvo. Bochil	Ejido	ID	ID	ID
	Buena Vista-Cahuaré		ID	ID	ID
Soyaló	Fco. Sarabia	Ejido	1,292-53-59	719-10-00	55.6
	San Antonio Zaragoza		ID	ID	ID
Tuxtla Gutiérrez	Tierra Colorada	Territorio Nacional		353-49-22	1.62

**Fuente:** (SEMARNAT, 1998 en: CONANP, 2007b).

## CAPÍTULO 3 ACTIVIDADES HUMANAS QUE SE REALIZAN EN EL ÁREA DE INFLUENCIA DEL PNCS

En el presente capítulo se da a conocer la problemática que enfrenta el PNCS, derivado del desarrollo histórico de las sociedades y debido al intercambio de éstas con su entorno natural, la problemática ambiental está determinada por factores que han generado cambio de uso del suelo, establecimiento de asentamientos humanos, expansión de la frontera agrícola, deforestación, incendios forestales y acumulación de residuos en el Río Grijalva (CONANP, 2007b).

### 3.1 Incendios forestales

La cercanía del ANP a la zona urbana la hace susceptible a sufrir incendios forestales provocados por actividades antropogénicas, tales como quemas agrícolas y de basura, entre otras. En el periodo del 2004–2011 se registraron 149 incendios en el PNCS, que afectaron principalmente a *arbustos y matorrales* (65.13%), el 33.30% a *pastos y hierbas* y en menor grado con 1,2% al *arbolado adulto* y 0.38% a la vegetación de renuevo, en total afectaron 918.72 hectáreas que corresponden al 4.216% de la superficie del parque, se puede consultar en el cuadro 3-1 (PNCS-CONANP, 2013). Los residuos de madera quemada tanto del PNCS como los provenientes de la Cuenca del Cañón del Sumidero, a través del tiempo son arrastrados por las lluvias y contribuyen a formar parte de los cúmulos de madera que se encuentra en el río Grijalva.

Cuadro 3-1. Incidencia de incendios forestales dentro del PNCS.

AÑO	No. DE INCENDIOS	SUPERFICIE AFECTADA POR ESTRATOS (ha)				SUPERFICIE TOTAL (ha)
		PASTOS Y HIERBAS	ARBUSTOS Y MATORRALES	RENUOVO	ARBOLADO ADULTO	
2004	14	35	63	0	0	98
2005	12	7	25	0	0	32
2006	13	93	97	0	7	197
2007	17	80	195	0	2	277
2008	12	44,5	28,5	0	2	75
2009	36	9	99	0	0	108
2010	25	9,5	33,5	3,5	0	46,5
2011	20	27,9	57,32	0	0	85,22
<b>TOTAL</b>	<b>149</b>	<b>305,9</b>	<b>598,32</b>	<b>3,5</b>	<b>11</b>	<b>918,72</b>

Fuente: (PNCS-CONANP, 2013)

### 3.2 Cambio de uso de suelo

El PNCS ha sufrido afectación por invasiones desde 1984, el proceso de poblamiento al interior del PNCS se debe principalmente a la venta de lotes de los predios afectados por la expedición del decreto y a la invasión de éstos, lo que ha provocado incremento en la población al interior del área, aumento en la presión hacia los recursos naturales, cambio de uso de suelo y su consecuente pérdida de cobertura vegetal, de suelo y biodiversidad. Los municipios que provocaron mayor impacto son Chiapa de Corzo y Tuxtla Gutiérrez Debido a su cercanía al ANP (CONANP, 2007b)

Los asentamientos irregulares provocaron el cambio de uso de suelo y transformaron la vegetación de la siguiente manera: 163-57-58 ha fueron ocupadas para casa habitación de las colonias urbanas, de las cuales 33-84-08 corresponden a la zona de amortiguamiento del PNCS. Se incrementó la agricultura y pastizales. A su vez, hubo pérdida de bosques de encino, pino-encino y selva alta, mediana y baja. Los problemas más graves de deforestación se presentaron en 1993 (*Op Cit*).

El problema de la tenencia y uso de la tierra en las ANP repercute directamente en el éxito de las acciones de conservación y protección de las mismas; por esto, se promovió la cooperación del gobierno federal y del gobierno del estado en el proyecto “Atención sobre Tenencia de la Tierra en las Áreas Naturales Protegidas de los Estados de Chiapas, Tabasco, y Campeche”. Aunado a lo anterior, se realiza la Mesa Ambiental del estado de Chiapas, que tiene como finalidad la reubicación de las comunidades irregulares que se encuentran al interior de las ANP, mediante la adquisición de predios vía fideicomiso (CONANP, 2007). Para dar continuidad al proyecto previamente mencionado en el 2006 la CONANP presentó la propuesta de modificación del polígono del PNCS, la cual tiene como objetivos: 1) excluir del polígono del ANP una superficie de 3,081-28-13 ha, donde los ecosistemas se encuentran afectados por la pérdida de flora y fauna, así como por el cambio del uso de suelo como consecuencia de los asentamientos humanos irregulares en zonas suburbanas y urbanas de los Municipios Chiapa de Corzo y Tuxtla Gutiérrez; 2) ampliar el polígono propuesto a una superficie total de 24,747-24-64 ha; y 3) incluir una superficie de 4,533-70-89 ha (*Op Cit*).

### **3.3 Acumulación de residuos sólidos en el río Grijalva en época de lluvias**

Concluida la construcción de la presa Chicoasén en 1979, se originaron drásticas transformaciones hidrológicas y morfológicas en el Cañón, lo que provocó contracorrientes así como cambio en los flujos de las corrientes, ocasionando que los materiales transportados por el río se depositen en diversas zonas a lo largo de su cauce, en particular en la zona conocida como El Tapón, proceso que se incrementa debido a la topografía del sitio, de tal forma que estos fenómenos son recurrentes pero se han incrementado en los últimos años (CONANP, 2007b). Las subcuencas y los cuatro ríos tributarios que desembocan en la parte navegable del Río Grijalva que atraviesa el Cañón del Sumidero y que transporta la basura de más de 180 comunidades y colonias de 16 municipios de la zona de influencia del PNCS (Tuxtla Gutiérrez, Berriozábal, San Fernando, Osumacinta, Villaflores, Villacorzo, Suchiapa, Acala, Chiapa de Corzo, Venustiano Carranza, Totolapa, Chiapilla, San Lucas, Nicolás Ruiz, El Parral y Emiliano Zapata) dan como resultado la acumulación de residuos sólidos en época de lluvias principalmente (CONAGUA, 2009). Durante el periodo 2004-2013 se extrajeron aproximadamente 20,777 toneladas de residuos sólidos, de las cuales aproximadamente el 90% correspondió a madera, el 7% a materia vegetal dispersa (restos agrícolas principalmente) y el 3% a plásticos de diferentes tipos (Barrera, 2014)

Para resolver este problema en el 2004 se firmó el Convenio de Conservación y Limpieza del Parque Nacional Cañón del Sumidero, por parte de SECTUR y CONANP, involucrando a más de 17 instituciones de gobierno federal, estatal e iniciativa privada (CONAGUA, 2009). Anualmente, el PNCS contrata un promedio de 25 personas para el programa permanente de limpieza y conservación del Río Grijalva, a través del Programa de Empleo Temporal. Sin embargo, en contingencias extraordinarias como inundaciones o huracanes contrata hasta 100 personas más guardaparques, y solicita el apoyo de voluntarios, seguridad pública, protección civil del Estado, presidencia municipal de Chiapa de Corzo y prestadores de servicios turísticos. Tal fue el caso del 2005, durante el Huracán Stan se contrataron 150 jornaleros para las actividades de limpieza (CONANP, 2007b).

## CAPÍTULO 4 ÁRBOL DE ACCIONES Y ÁRBOL DE FACTORES AMBIENTALES

Uno de los objetivos de esta tesis es abordar una problemática real y relevante en el estado de Chiapas, para proponer soluciones que se puedan sumar a una gestión integral. Debido a ello y con base en los impactos ambientales identificados, la administración del PNCS consideró como prioritario y de su interés evaluar los impactos ambientales por la acumulación de residuos en el Río Grijalva dentro del ANP, debido a la escasa información que hay al respecto así como a los problemas ocasionados por la contingencia ambiental que se presenta año con año.

A continuación se presenta el árbol de acciones, que son las causas que provocan la acumulación de residuos sólidos en el Río Grijalva en la zona del PNCS, así como el árbol de factores ambientales, que son los elementos que resultan afectados por la acumulación de residuos sólidos.

### 4.1 Árbol de acciones

A continuación se presentan y describen los elementos del árbol de acciones que se propuso, considerando la información recopilada, las visitas a campo y las entrevistas realizadas que se describen más adelante. Es importante mencionar que las primeras tres acciones se derivan o generan a nivel de la Cuenca del Cañón del Sumidero, que es la zona de influencia indirecta del PNCS.

#### 1. Disposición final de residuos sólidos urbanos

Esta acción proviene de la disposición final inadecuada de los residuos sólidos urbanos (RSU) de las localidades, colonias, comunidades y cabeceras de los 16 municipios de la zona de influencia del PNCS (Tuxtla Gutiérrez, Berriozábal, San Fernando, Osumacinta, Villaflores, Villacorzo, Suchiapa, Acala, Chiapa de Corzo, Venustiano Carranza, Totolapa, Chiapilla, San Lucas, Nicolás Ruiz, El Parral y Emiliano Zapata). Los residuos, dispuestos en tiraderos a cielo abierto o los que se quedan en las calles de estos municipios, son arrastrados por el viento y por el escurrimiento pluvial hacia los afluentes del Río Grijalva causando la denominada contingencia de taponamiento por residuos sólidos en época de lluvias.

#### 2. Manejo de residuos de la actividad agrícola y pecuaria

Los residuos que se generan en la cuenca por estas actividades son los *contenedores de agroquímicos*, que de acuerdo a la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos y a la NOM-053-SEMARNAT-1993 son considerados como *residuos peligrosos*. Estos residuos se generan al utilizar el contenido de los recipientes para el cultivo agrícola o en las actividades ganaderas.

Es importante mencionar que en el estudio denominado “tarjeta de evaluación de cuencas hidrográficas en las cuencas asociadas al Cañón del Sumidero” publicado en el 2009, se asignó una calificación de 3 al estado de la

cuenca en el indicador de contaminación por residuos químicos (escala de 1 a 5, el 1 es menos favorable y el 5 es el escenario más favorable) (Quiroga e Imbach, 2009).

### 3. Cambio de uso del suelo

Estos residuos son generados por el cambio de uso de suelo, de forestal a agrícola y pecuario. En la cuenca del Cañón del Sumidero, del año de 1975 al 2000, la tasa de cambio de forestal a uso agrícola fue de 13% (87,281.24 ha), en el caso de las actividades ganaderas su tasa de cambio fue 6% (39,117 ha) (CONAGUA, 2009). Otras acciones que contribuyen son la extracción de madera para su aprovechamiento (comercial o autoconsumo), los incendios forestales y los eventos hidrometeorológicos, cualquiera de ellos en menor o mayor grado.

### 4. Programa de limpieza integral del Río

Incluye las acciones de limpieza que se realizan como respuesta a la problemática de la acumulación de los residuos en la parte navegable del Río Grijalva en la zona del PNCS y que pueden generar impactos como el uso de combustible y lubricantes para operación de material y equipo (lanchas, motosierras y trash skimmer) y la disposición final de los residuos en zonas aledañas del PNCS.

## 4.2 Árbol de factores ambientales

Los factores ambientales susceptibles de ser afectados por la acumulación de residuos en el área navegable del Parque Nacional Cañón del Sumidero y que se detallan más adelante, cumplen con los criterios culturales y científicos para someterlos al procedimiento de evaluación de impacto ambiental y se presentan en los cuadros (4-1 y 4-2).

**Cuadro 4-1. Factores ambientales susceptibles de ser afectados por alguna acción, e importancia por su valor cultural, histórico y científico.**

Elemento	Susceptible de ser afectado por alguna de las acciones	Criterios culturales	Criterios históricos	Criterios científicos
Paisaje	+	+	+	+
Suelo	+		+	+
Calidad del agua	+	+		+
Selva Subperennifolia	Mediana			+
Aves	+			+
Reptiles (Cocodrilo)	+	+		+
Peces	+	+		+
Pesca	+	+		
Generación de energía eléctrica	+	+		
Actividad turística	+	+		
Empleo temporal	+	+		
Salud y seguridad	+	+		+

Cuadro 4-2. Árbol de factores ambientales

	MEDIO	COMPONENTE	ELEMENTO
BIOFÍSICO	FÍSICO	PAISAJE	Paisaje
		SUELO	Suelo
		HIDROLOGÍA SUPERFICIAL	Calidad del agua
	BIÓTICO	VEGETACIÓN	Selva Mediana Subperennifolia
		FAUNA	Aves
			Reptiles (cocodrilo)
Peces			
SOCIOECONÓMICO	ACTIVIDADES ECONÓMICAS	ECONOMÍA	Pesca
			Generación de energía eléctrica
			Actividad turística
			Empleo temporal
	SOCIAL	SOCIAL	Salud y seguridad

Fuente: Elaboración propia

A partir de la técnica Delphi se determinó el valor de importancia de cada elemento del árbol de factores ambientales iniciando con 100 puntos, en la figura 4-1 se visualiza el puntaje total para cada elemento.

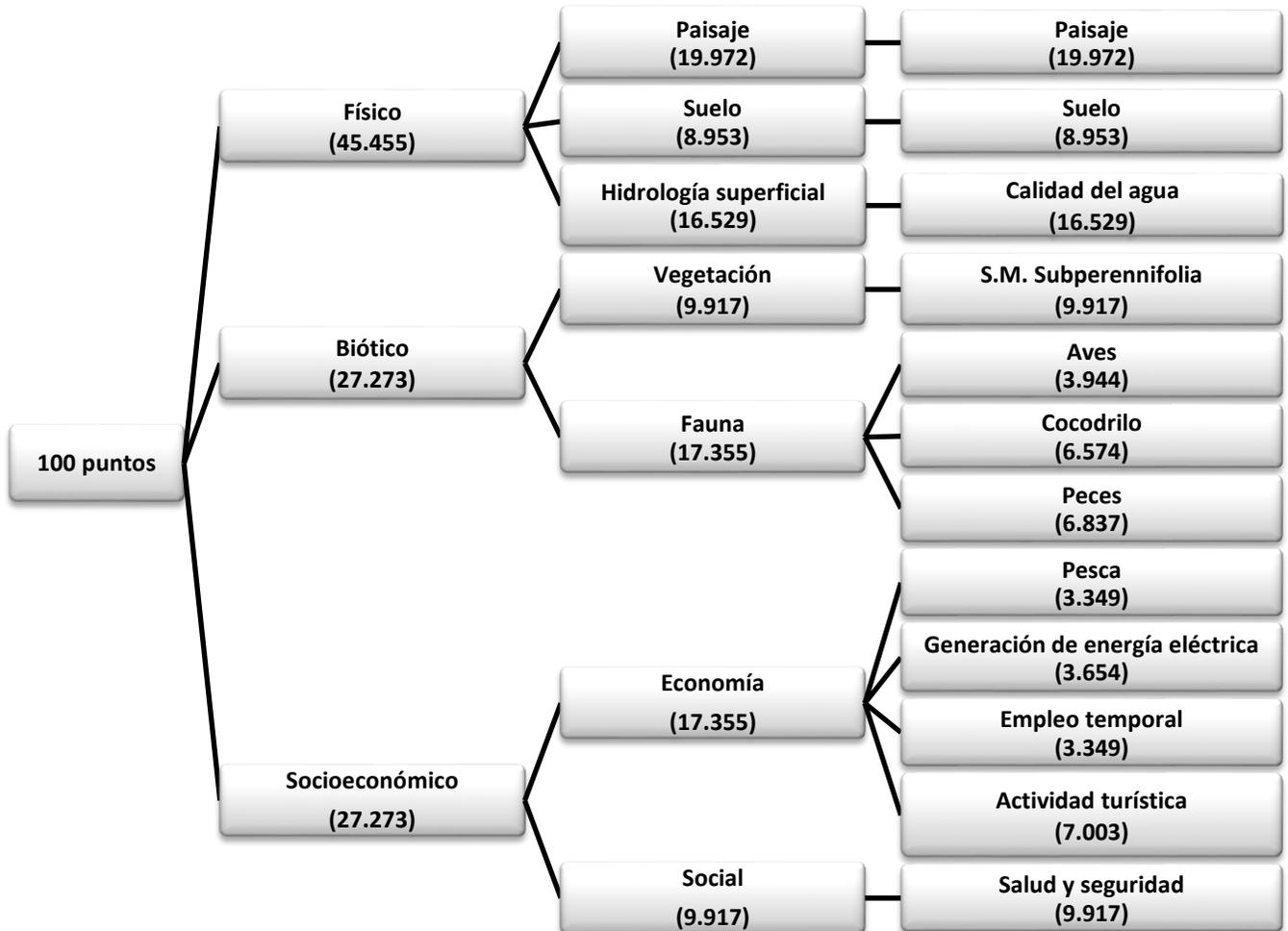


Figura 4-1. Árbol de factores ambientales con el valor de importancia a través de la técnica Delphi.

### 4.3 Diagrama de redes de causa-efecto

A continuación, en la figura 4-2 se incluye un diagrama de redes de causa-efecto sobre la problemática de los residuos sólidos que se acumulan en el Río Grijalva, dentro del Parque Nacional Cañón del Sumidero.

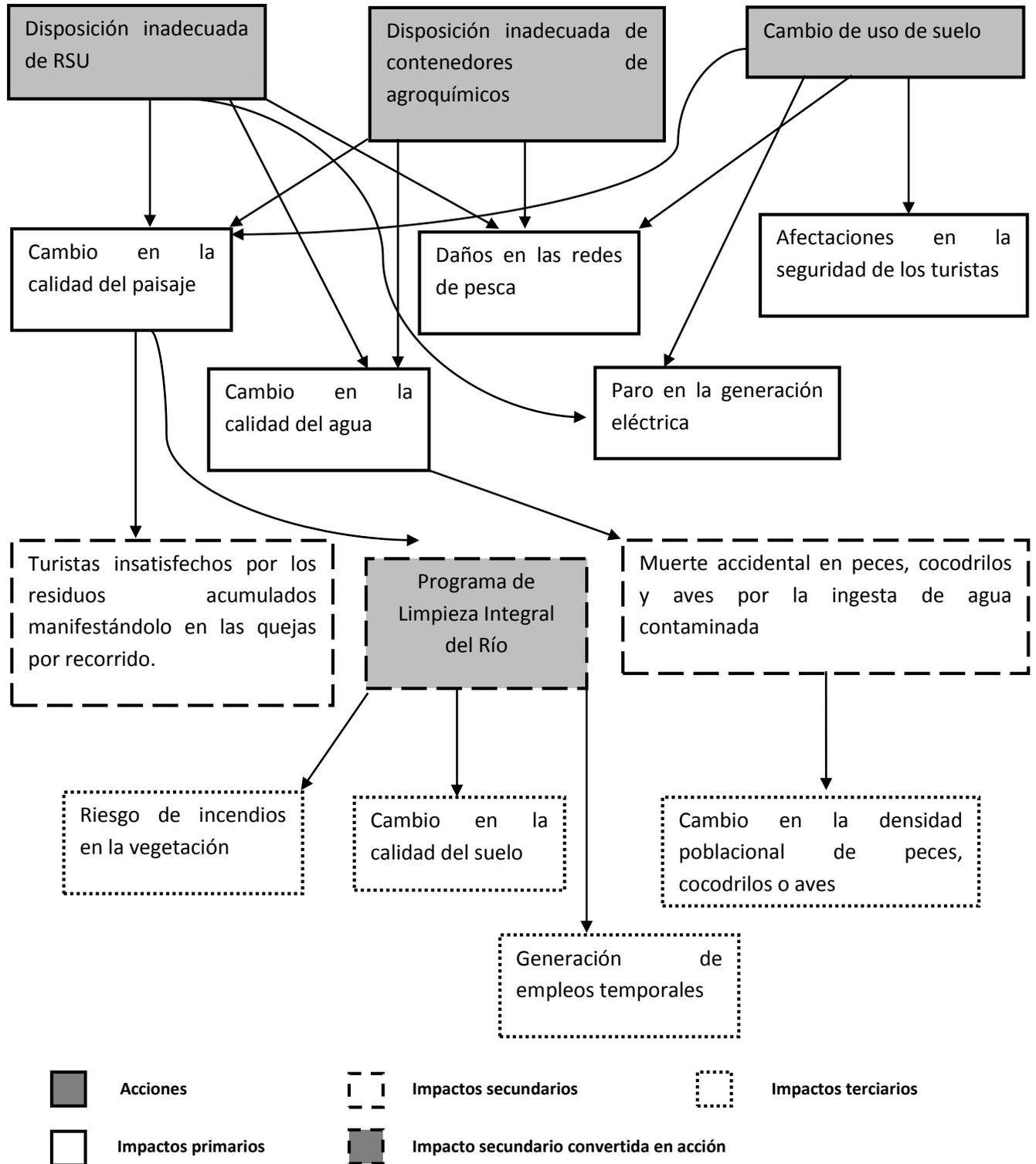


Figura 4-2. Diagrama de redes de causa-efecto sobre la problemática de los residuos sólidos en el PNCS

## **CAPÍTULO 5 VINCULACIÓN CON LAS NORMAS Y REGULACIONES SOBRE USO DEL SUELO**

A continuación se da a conocer la normatividad ambiental federal y estatal que rige y da fundamento a la política ambiental dentro del PNCS, dentro de ellas está: El decreto del PNCS, el Programa de Conservación y Manejo del PNCS, el programa de uso público del PNCS, la Ley Ambiental para el Estado de Chiapas, la Ley General de Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente y la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de Residuos.

### **DIARIO OFICIAL 8 DE DICIEMBRE DE 1980**

Decreto por el que se declara Parque Nacional, con el nombre de Cañón del Sumidero el área descrita en el considerando quinto, y se expropia en favor del Gobierno Federal una superficie de 217.894,190.00 m<sup>2</sup>, ubicada en el estado de Chiapas (Vargas *et al*, 2000).

### **PROGRAMA DE CONSERVACIÓN Y MANEJO DEL PNCS**

Actualmente el PNCS no tiene de forma oficial un Programa de Conservación y Manejo, sin embargo, en el año 2007 se elaboró uno con el objetivo y contenido que se enuncia a continuación:

El Programa de Conservación y Manejo del PNCS establece estrategias y acciones orientadas a la protección y conservación de una de las principales zonas ecológicas del estado de Chiapas, que por su biodiversidad y majestuoso paisaje, constituye un sitio de especial relevancia en el país. Este programa es un instrumento de planeación generado a partir del conocimiento de la problemática del área, de sus recursos naturales y del uso actual del suelo, que plantea la organización, jerarquización y coordinación de acciones que permitan preservar los valores patrimoniales de esta Área Natural Protegida (ANP).

Los aspectos referentes a residuos sólidos se transcriben a continuación (CONANP, 2007b):

Se tiene prohibido arrojar, verter o descargar al suelo o agua cualquier tipo de desechos orgánicos, residuos sólidos o líquidos, o cualquier otro tipo de contaminante.

En el *Componente de mantenimiento de regímenes de disturbio y procesos ecológicos a gran escala* menciona que se debe tener un Programa de manejo de residuos sólidos producto de la limpieza y saneamiento de la parte navegable del Río Grijalva

En el *Componente de prevención y control de incendios y contingencias ambientales* indica que se deben realizar acciones coordinadas para atender la acumulación de residuos sólidos en el área navegable del Río Grijalva dentro del parque.

En el *Subprograma de manejo* señala que se debe desarrollar y aplicar el proyecto de limpieza y saneamiento del Río Grijalva, así como el manejo de los residuos sólidos.

En el *Componente desarrollo comunitario y asentamientos humanos* indica que se debe establecer un programa de clasificación y manejo de residuos

Y en el *Componente sistemas de información* establece que se debe promover la sistematización de información sobre manejo de residuos sólidos.

En la sección de *Los visitantes* establece que se deben de llevar consigo los residuos que generen (e.g., envolturas, envases, restos de alimentos, etc). y/o disponerlos en los depósitos instalados al interior del Parque, respetando la clasificación de desechos. Esta regla la respalda el Programa de uso público, Parque Nacional Cañón del Sumidero.

## **PROGRAMA DE USO PÚBLICO, PARQUE NACIONAL CAÑÓN DEL SUMIDERO**

El Programa de Uso Público (PUP) del Parque Nacional Cañón del Sumidero es un instrumento regulatorio, que propone estrategias y acciones de planeación que orientan el desarrollo sustentable del turismo en esta Área Natural Protegida (ANP), mejorando la calidad de la experiencia del visitante tomando como eje transversal la interpretación ambiental del sitio. El Plan de Interpretación (PI) del Parque Nacional Cañón del Sumidero combinada con el PUP, constituyen una herramienta poderosa para el manejo de visitantes, tomando en cuenta no solo los impactos físicos, estructurales o biológicos en los sitios, sino también la experiencia de visitar un espacio natural, un Área Protegida. La interpretación en el Parque Nacional es la oportunidad para hacer que los visitantes experimenten sensaciones, emociones y sentimientos que los haga reflexionar sobre la fragilidad de nuestros ecosistemas, la importancia de la riqueza biológica, histórica y cultural de nuestra Área; es una oportunidad de conectar al visitante directamente con el recurso, en busca de esa provocación que lleve al visitante a un cambio de actitud; un cambio que lo motive a cuidar del ambiente y lo convierta en un aliado de la conservación. De esta manera el PUP y PI trabajan en conjunto para alcanzar el objetivo del Parque Nacional Cañón del Sumidero, la conservación de los recursos naturales del Área (CONANP)

Dentro del Programa de uso público se menciona que se consolidará un Programa de Residuos Sólidos en el sitio. En los miradores turísticos y áreas afines se implementará la separación de residuos sólidos, se darán pláticas en las Juntas previas para organizadores, competidores y espectadores sobre manejo de residuos sólidos en el sitio porque uno de los objetivos de la sección de interpretación dentro del programa de uso público es que no dejen rastro de su estancia en el Parque, en el que trasladen sus residuos sólidos fuera del área (*Op Cit*).

Una de las acciones de manejo es direccionar el programa de conservación del Río Grijalva a zonas de visitantes y mitigar el efecto del “tapón” para la navegación de embarcaciones, en el que se establecen valores de límites permisibles utilizando como indicador el No. de quejas del visitante acerca de la contaminación por residuos sólidos en el Río Grijalva de 10% en temporada de seca, 30% en temporada de lluvias (*Op Cit*).

## **LEY AMBIENTAL PARA EL ESTADO DE CHIAPAS**

En su contexto más amplio, la Ley Ambiental del Estado de Chiapas fortalece y enriquece los contenidos y alcances de los instrumentos de política ambiental para que cumplan efectivamente con su función, y que se refieren a: El Ordenamiento Ecológico del Territorio, Áreas Naturales Protegidas, Educación Ambiental, Participación de la Sociedad, Normas Técnicas y Criterios Ecológicos, Evaluación de Impacto y Riesgo Ambiental, Prevención y Control de la Contaminación, así como la Gestión de Materiales y Residuos No Peligrosos y Especiales (H. Congreso del Estado de Chiapas, 2009).

## **LEY GENERAL DE EQUILIBRIO ECOLÓGICO Y PROTECCIÓN AL AMBIENTE**

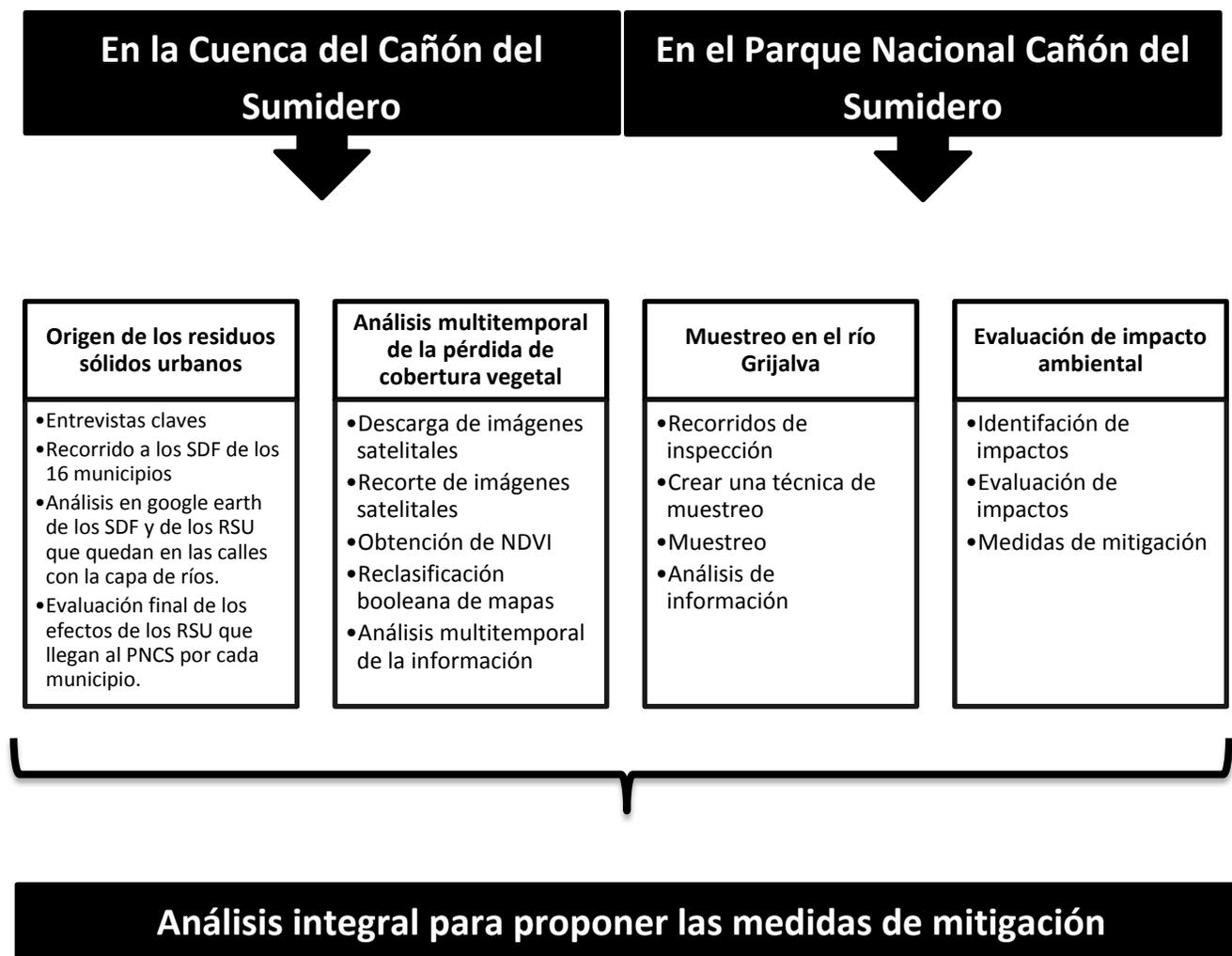
Esta Ley se refiere a la preservación y restauración del equilibrio ecológico, así como a la protección al ambiente, en el territorio nacional y las zonas sobre las que la nación ejerce su soberanía y jurisdicción. Sus disposiciones son de orden público e interés social y tienen por objeto propiciar el desarrollo sustentable y establecer las bases para I.- Garantizar el derecho de toda persona a vivir en un medio ambiente adecuado para su desarrollo, salud y bienestar; II.- Definir los principios de la política ambiental y los instrumentos para su aplicación; III.- La preservación, la restauración y el mejoramiento del ambiente; IV.- La preservación y protección de la biodiversidad, así como el establecimiento y administración de las áreas naturales protegidas; entre otros. Respecto a Áreas Naturales Protegidas se aborda en el Título II de Biodiversidad y Capítulo I. Respecto a la Evaluación de Impacto Ambiental se aborda en el capítulo IV, sección V. Respecto a residuos sólidos en el Capítulo II menciona sobre Distribución de competencias y coordinación, haciendo referencia sobre este tema en los artículos 7, 8 y 137 (Unión, 1988).

## **LA LEY GENERAL PARA LA PREVENCIÓN Y GESTIÓN INTEGRAL DE RESIDUOS**

Esta ley es a nivel federal y es la ley máxima en el tema de residuos en nuestro país, establece la distribución de competencias, donde viene las atribuciones de los tres órdenes de gobierno y coordinación entre dependencias, la clasificación de los residuos, los instrumentos de la política de prevención y gestión integral de los residuos, el manejo integral de los residuos peligrosos, de la prevención y manejo integral de RSU y de manejo especial, así como las medidas de control y de seguridad, infracciones y sanciones (Congreso General de los Estados Unidos Mexicanos, 2007).

## CAPÍTULO 6 METODOLOGÍA

El procedimiento para realizar el tema de investigación consistió en cuatro partes, la primera etapa fue para evaluar el origen de los residuos sólidos urbanos de la Cuenca del Cañón del Sumidero que llegan al PNCS. La segunda etapa fue un análisis multitemporal de la pérdida de cobertura vegetal en la Cuenca del Cañón del Sumidero, por el efecto de los residuos de madera que llegan al área protegida. La tercera etapa consistió en un muestreo sobre el río Grijalva para caracterizar los residuos que se acumulan en el PNCS y por último la cuarta etapa consistió en una evaluación de impacto ambiental causado por los residuos sólidos en el río Grijalva, PNCS. Es decir; las primeras dos etapas fue a nivel de Cuenca y las últimas dos fue a nivel del PNCS. A continuación se detalla cada una de las etapas.



## 6.1 Evaluar el origen de los residuos sólidos urbanos de la cuenca del cañón del sumidero que llegan al PNCS.

El propósito de esta evaluación fue determinar qué municipios podrían aportar más RSU al PNCS, clasificarlos de acuerdo a la prioridad de atención y conocer qué tipo de actividades o medidas son necesarias para cada uno de ellos. La evaluación consideró dos criterios, cinco componentes y 20 elementos; también se utilizó un factor de corrección municipal para no equiparar los impactos en municipios de 2500, 10,000 o más de 100,000 habitantes. La técnica que se utilizó para realizar esta evaluación fue la de comparación en pares jerarquizados (Garmendia et al., 2005).

Los criterios que se utilizaron fueron: **los sitios de disposición final y el efecto de los residuos que quedan en la calle** (esto es, cualquier residuo no levantado por el sistema de recolección municipal, ya sea porque se tira basura en la calle, porque el viento lo transporta o por el arrastre en época de lluvias). En la figura 6-1 se muestra el diagrama de cada uno de los criterios, componentes y elementos.

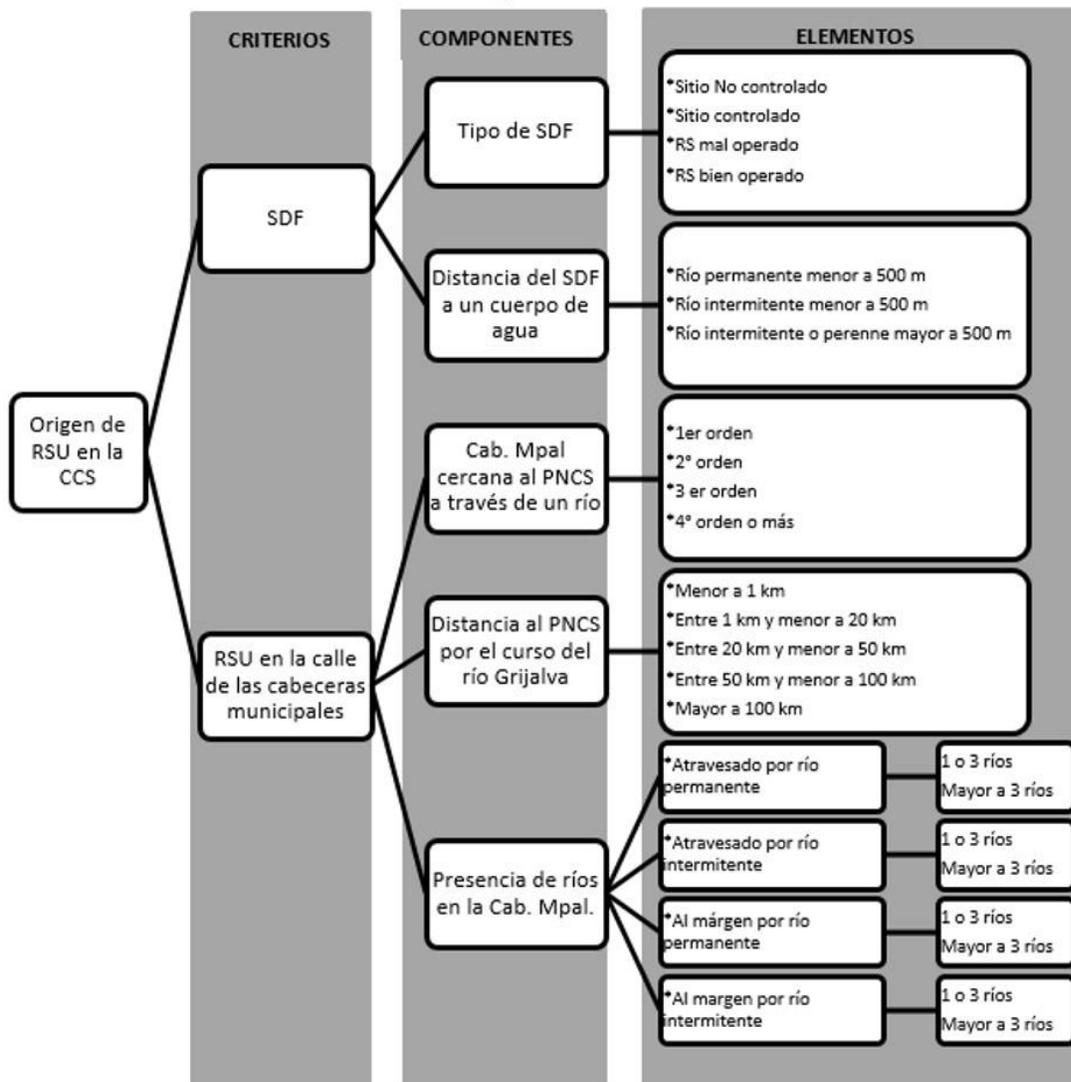


Figura 6-1. Diagrama de criterios, componente y elementos para la evaluación del origen de los RSU que llegan al PNCS.

Para poder llegar a la evaluación previamente se hicieron las siguientes actividades

- a) Se generó una lista de chequeo con base en información bibliográfica y considerando las condiciones que debe cumplir un sitio de disposición final con base en la NOM-083-SEMARNAT-2003 (Diario Oficial de la Federación, 2004), para su evaluación en campo.
- b) Se realizaron entrevistas a los encargados del servicio de limpia de los municipios presentes en la CCS, a través de cuestionarios estructurados para conocer cuál es el manejo actual de los residuos sólidos urbanos.
- c) Se recorrieron los sitios de disposición final de los 16 municipios que se encuentran dentro de la CCS, tanto de las cabeceras municipales como de sus localidades mayores a 2000 habitantes que cuentan con servicio de recolección de residuos.
- d) Se geoposicionaron los SDF con la herramienta Google earth y con el mapa digital de ríos perennes e intermitentes proporcionado por la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA) se tomó la distancia a los cuerpos de agua y se procedió a su análisis.
- e) Por otro lado, en la herramienta Google earth se tomó la distancia de las cabeceras municipales hacia los cuerpos de agua más cercanos para conocer el trayecto de los residuos que quedan en las calles y sean más rápidos transportados por el efecto del aire y de los ríos.
- f) Posteriormente se analizó el efecto de los residuos tomando en cuenta dos criterios. Los sitios de disposición final y los residuos que quedan en las calles.
- g) Finalmente se evaluó por cada municipio quien podría aportar más residuos sólidos urbanos al PNCS a través de estos dos criterios.

## **6.2 Análisis multitemporal de la pérdida de cobertura vegetal dentro de la Cuenca el Cañón del Sumidero.**

Como se tenía conocimiento que la mayor cantidad de residuos acumulados en el área navegable del PNCS es madera, y ésta proviene de la Cuenca del Cañón del Sumidero (CCS), por esta razón se realizó un análisis multitemporal de la CCS a través de imágenes satelitales Landsat 5 TM+ de los años 1986, 2001 y 2011. El objetivo específico fue conocer el cambio que ha tenido la cobertura vegetal de 1986 al 2011 a través del Índice Normalizado Diferencial de la Vegetación, mejor conocido como NDVI (Normal Difference Vegetation Index), empleando imágenes satelitales procesadas con el programa IDRISI versión Selva. El NDVI es el índice de vegetación más ampliamente usado para el monitoreo y caracterización de la cobertura de suelo (Effect of radiometric corrections on NDVI-Determined from SPOT-HRV ans Landsat-TM data, 1994). El proceso que se llevó a cabo para este análisis se menciona a continuación.

Se descargaron las imágenes satelitales a través de la página de Visualización Global (glovis) que opera el Servicio Geológico de Estados Unidos (U.S.G.S.: U.S. Geological Survey), se utilizaron las bandas 3 y 4, que corresponden al *Rojo* e *Infrarrojo cercano* respectivamente.

Posteriormente se realizaron los recortes de imagen, para poder cubrir el área de la cuenca se utilizaron tres imágenes satelitales para cada año (Sección A, B y C), sin embargo, por presentar una gran cantidad de nubes la

sección C del año 1986 se tuvo que eliminar, por lo que en el presente análisis se reporta solo el 88% de la Cuenca.

El siguiente paso fue obtener el NDVI para cada año con la siguiente ecuación los resultados pueden observarse en la figura 7-4 parte A (Tiruveedhula et al., 2009).

$$NDVI = \frac{\text{Infrarrojo cercano (Banda 4)} - \text{Rojo(Banda 3)}}{\text{Infrarrojo cercano (Banda 4)} + \text{Rojo(Banda 3)}}$$

A partir de allí se generó una reclasificación booleana de los mapas, en la que a los valores de NDVI con un rango de **-1 hasta menor de 0,15** se les asignó un valor de **“0”** (con el significado de no vegetación o vegetación con un valor muy bajo de NDVI), a los valores de NDVI **de 0,15 a 1** se les asignó un valor de **“1”** (con el significado de vegetación). Los resultados se pueden ver en la figura 7-4 parte B.

Para determinar el valor mínimo de NDVI y así discernir entre **“No vegetación”** o **“Vegetación”**, se realizaron 16 puntos de referencia o prueba a través de las imágenes históricas de google earth (cubriendo puntos como: pasto, Selva Baja Caducifolia, Selva Mediana, Selva Subperennifolia, zonas de transición, vegetación secundaria, etc). Como la superficie de la cuenca es grande (aproximadamente el 10% del estado), y en la presente investigación no se contaba con presupuesto y personal para ir al campo y poder realizar una clasificación supervisada, los 16 puntos de referencia se tomaron porque eran conocidos por la autora y se obtuvieron a través de las imágenes históricas de google earth, buscando coincidir con las fechas de las imágenes satelitales procesadas y a través de los valores de NDVI resultantes se determinó un valor mínimo que es 0.15 de NDVI. De todos los puntos, el valor 0.15 fue el más confiable, es muy probable que con ese valor se discrimine cierta cobertura de vegetación, sin embargo, se tiene la certeza de que los valores mostrados en el presente trabajo representan cobertura vegetal, una prueba de ello es a través de un estudio realizado para México, que muestra los valores de NDVI en época seca para distintos tipos de vegetación donde la *Selva Baja* tiene valores mínimos de 0.058; *Bosque de Quercus* de 0.076, *Otra Vegetación y Bosque de Pino* tienen valores de 0.093 y *Selva Alta y Mediana* con un valor de 0.146 (Meneses, 2009). Es pertinente mencionar que estos son los valores mínimos, por ello se puede afirmar que el valor 0.15 es bueno. Otra ventaja de usar el valor mínimo de la *Selva Alta y Mediana* es que no se eliminan porciones de este tipo de vegetación, sino al contrario, con este valor se ven incluidas la *Selva Baja*, el *Bosque de Quercus*, *Bosque de Pino* y Otros tipos de vegetación.

Posteriormente, a partir de estos mapas reclasificados en **0** y **1** se realizó el análisis multitemporal comparando el año 1986 con el 2001, el año 2001 con el 2011 y el año 1986 respecto al 2011. La ecuación utilizada para este análisis se puede ver en el cuadro 6-1 y se ilustra en la figura 7-4 sección C.

**Cuadro 6-1. Ecuaciones utilizadas para conocer el cambio en la cobertura vegetal de la CCS para los años: 1986, 2001 y 2011 en los mapas booleanos, así como los resultados de estas operaciones**

Ecuaciones	Resultado
$\text{mapa1986} + \text{mapa1986} + \text{mapa2001} = \text{Mapa}(1986\_2001)$	$0+0+0 = 0$ Porción de no vegetación $0+0+1 = 1$ Ganancia de vegetación $1+1+0 = 2$ Pérdida de vegetación $1+1+1 = 3$ Porción de vegetación que se mantuvo
$\text{mapa1986} + \text{mapa1986} + \text{mapa2011} = \text{Mapa}(1986\_2011)$	
$\text{mapa2001} + \text{mapa2001} + \text{mapa2011} = \text{Mapa}(2001\_2011)$	

### 6.3 Evaluación de impacto ambiental

La evaluación de impacto ambiental (EIA) es un proceso singular cuya operatividad y validez como instrumento para la protección y defensa del ambiente está recomendado por diversos organismos internacionales (Espinoza, 2001). México la tiene incorporada en su legislación, en el capítulo IV, sección V de la Ley General de Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (LGEEPA) (Unión, 1988).

Se denomina evaluación de impacto ambiental al procedimiento para la valoración de los impactos ambientales de las distintas alternativas de un proyecto determinado o actividad humana, con el objetivo de seleccionar la mejor desde un punto de vista ambiental (Garmendia et al., 2005).

Sin embargo, la EIA también se considera como la herramienta preventiva mediante la cual se evalúan los impactos negativos y positivos que las políticas, planes, programas y proyectos generan sobre el ambiente, y se proponen las medidas para ajustarlos a niveles de aceptabilidad, por lo que también se define como un proceso de advertencia temprana que verifica el cumplimiento de las políticas ambientales (Espinoza, 2001).

Además, se tienen técnicas integrales que hacen posible la valoración cualitativa y cuantitativa de los impactos ambientales, mediante adopción y medición de indicadores ambientales y funciones de transformación que permiten su comparación directa.

En la presente tesis se evalúa el impacto ambiental de los residuos sólidos que se acumulan en el PNCS, como puede notarse en este caso no se trata de un *aspecto preventivo* como evaluar un proyecto, sino de una problemática a causa de varias acciones humanas, específicamente el manejo inadecuado de los residuos sólidos urbanos y la deforestación, con la consiguiente erosión que se genera en la Cuenca del Cañón del Sumidero, así como las medidas administrativas que se están realizando para dar solución al problema.

En la figura 6-2 se muestra el diagrama de flujo de la metodología del estudio, planteada con base en Conesa, 1997 y Garmendia *et al*, 2005.

La metodología general se compone de tres etapas: identificación y valoración de los impactos significativos y proponer las medidas de mitigación.

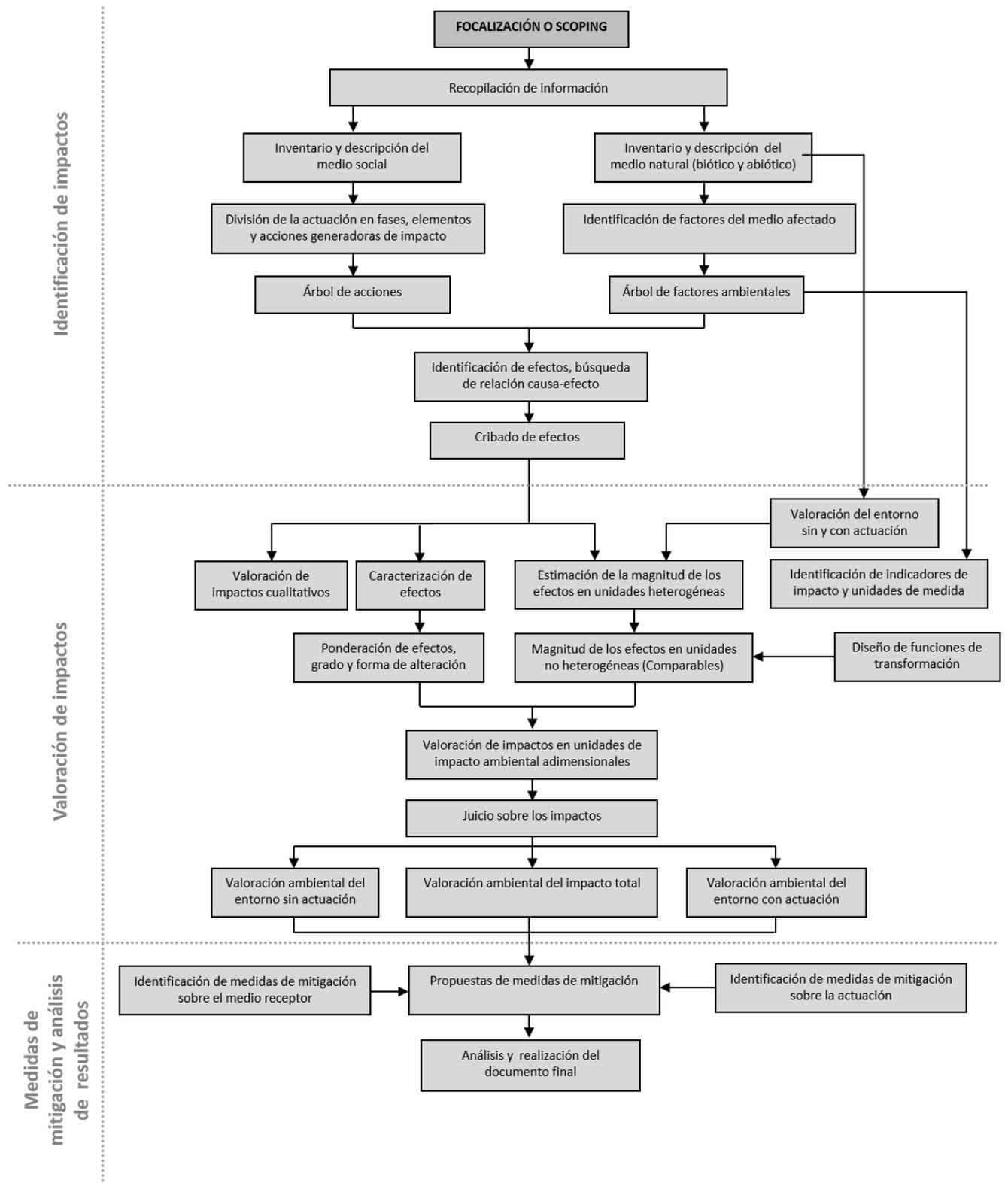


Figura 6-2. Diagrama de flujo de la metodología general del estudio de impacto ambiental de los residuos sólidos en el PNCS.

A continuación se da a conocer cada una de las etapas y técnicas empleadas en este apartado de la investigación.

### 6.3.1. Etapa de identificación de impactos

La finalidad de esta etapa es identificar los posibles impactos que pueda causar la acumulación de los residuos sólidos en el PNCS, se parte a través de obtener un conocimiento general, tanto del tema como de la zona de estudio, para ello se recopiló información sobre la legislación y normatividad ambiental aplicable, la variedad de investigaciones/estudios realizados en el PNCS, así como estudios referentes al tema de investigación. Finalmente se obtiene un árbol de acciones, donde se hace una descripción de las acciones relacionadas a ser las causantes de los impactos, a la vez se genera un inventario ambiental que culmina en una árbol de factores, que son los factores ambientales quienes reciben los posibles impactos, posteriormente se identificaron y cribaron los impactos significativos para iniciar la segunda etapa. Para esta etapa se emplearon las siguientes técnicas.

1. **Entrevistas:** como método de investigación cualitativa y potencialmente complementario a los estudios cuantitativos, en donde su aportación concierne al entendimiento de las creencias y experiencia de los actores (López et al., 2011), se utilizó la entrevista como herramienta para profundizar el escenario socio ambiental, en especial para conocer el manejo y percepción de la problemática sobre la acumulación de residuos en el PNCS, dirigido a los organismos involucrados (gubernamentales y no gubernamentales).
2. **Técnica matricial:** Se empleó para la identificación de los impactos ambientales; se recomienda en especial cuando no se conocen los impactos que puede producir el proyecto o actividad (Garmendia et al., 2005). En este caso se empleó para la identificación de efectos ambientales, a partir de acciones en las columnas y factores ambientales en las filas.
3. **Diagramas de causa y efecto:** Se emplearon para representar los impactos secundarios y terciarios (Garmendia et al., 2005).

### 6.3.2. Etapa de valoración de los impactos

La evaluación termina con un juicio sobre los efectos, clasificándolos en impactos (efectos notables) o en efectos mínimos, y los impactos se clasifican a su vez en compatibles, moderados, severos y críticos. Existen tres formas de valorar los impactos, por un **simple enjuiciamiento** que implica mayor subjetividad (se basa en el juicio del evaluador debidamente razonado) una valoración **cualitativa** o **cuantitativa**. En la cualitativa se obtiene un valor numérico que se denomina importancia y en la cuantitativa se mide la magnitud del impacto para lo que se utilizan indicadores numéricos, que en un primer momento tienen unidades heterogéneas y, mediante las funciones de transformación, se convierten en unidades homogéneas o comparables entre distintos tipos de impactos, esto permite obtener una valoración numérica del impacto total producido (Garmendia et al., 2005). Las técnicas que se emplearon en esta etapa fueron las siguientes:

**Battelle-Columbus.** Ésta técnica fue desarrollada en los Laboratorios Battelle-Columbus, Ohio (EUA) en 1971 y proporciona un sistema de evaluación del impacto global de un proyecto. El método permite la evaluación sistemática de los impactos ambientales de un proyecto mediante el empleo de indicadores homogéneos, puesto que para medir la magnitud de cada parámetro utiliza unidades homogéneas, usando funciones de transformación, y con la suma ponderada de los factores se obtiene el impacto global de la obra (Garmendia et al., 2005). En este caso se utilizó esta técnica para determinar el impacto total por la acumulación de los residuos en el PNCS, debido a que es un método cuantitativo. Las fases del método, el cual se llevó a cabo se enuncian a continuación, en el caso de sin proyecto es el escenario sin residuos y en el caso con proyecto es el escenario con residuos:

1. Se determina una lista de parámetros o factores ambientales
2. Se ponderan dichos parámetros (en este caso se utilizó la técnica Delphi)
3. Se predice la situación sin proyecto utilizando indicadores
4. Se calculan esos mismos indicadores con proyecto
5. Se transforma mediante funciones de transformación en valores entre 0 y 1
6. Se multiplica cada valor por su peso y se calcula la suma ponderada de la situación sin proyecto
7. Se calcula la suma ponderada de la situación con proyecto
8. Se obtiene el impacto global

Parámetros	Calidad ambiental		Impacto
	Sin residuos	Con residuos	
Paisaje	x	y	x-y
...			

**Técnica Delphi:** Se empleó al concluir el inventario ambiental para ponderar los factores ambientales. Es una técnica de consulta a expertos que se utiliza en las evaluaciones de impacto ambiental para calibrar las variables que deben usarse para definir un cierto indicador, para seleccionar una lista de factores o acciones o para ponderar los factores ambientales, esta técnica es muy útil cuando se va a realizar una valoración cuantitativa (Garmendia et al., 2005).

El objetivo de la técnica Delphi en el presente trabajo de investigación consistió en valorar (calificar) cada uno de los elementos ambientales (paisaje, agua, suelo, fauna, vegetación, pesca, etc) con base a lo que cada experto consideró que es el elemento más afectado por los residuos sólidos que se acumulan en el río Grijalva en el Parque Nacional Cañón del Sumidero. El panel de expertos fue integrado por 11 personas, dentro de ellos participaron académicos, investigadores y servidores públicos. Los pasos que se llevaron a cabo fueron los siguientes:

1. Selección e invitación personalizada de cada experto, explicándole la técnica Delphi y su participación.
2. Someter un cuestionario preparado al panel de expertos.
3. Cada experto lo calificó de forma individual-anónima y fue enviada a la coordinadora.

4. La coordinadora de la encuesta analiza las calificaciones y prepara un promedio, posteriormente envía los resultados globales a cada panelista para que lo analice.
5. Cada panelista recibe la información para su análisis y conocimiento, en esta etapa el experto tiene la posibilidad de cambiar su calificación si considera pertinente (por ende es necesario que el experto reenvíe su nueva calificación vía e-mail a la coordinadora). En el caso de que esté de acuerdo con los puntajes promedio y por ende se abstenga a una segunda votación solo hace notificar al coordinador vía e-mail su aprobación.
6. Posteriormente la coordinadora realiza un segundo análisis y prepara un nuevo promedio y se los hace llegar nuevamente al panel para que conozcan los resultados finales.

### **6.3.3. Etapa de medidas de mitigación y análisis de resultados**

Las medidas que se adopten para minimizar los impactos ambientales pueden considerarse como la parte más importante, o al menos una de las más importantes del estudio de impacto ambiental. Por lo que en el proyecto se deben detallar todas aquellas medidas necesarias para que sea el menor impacto posible (Garmendia et al., 2005). Por ello, en esta etapa se emplearon las siguientes técnicas.

1. **Identificación de alternativas basadas en la participación pública.** La participación pública es importante integrarla en el procedimiento de propuesta de alternativas, porque tiene la ventaja de dejar abierto el abanico de posibilidades y que puedan aparecer alternativas imaginativas que solucionen varios problemas a la vez. La participación pública se promovió durante las entrevistas realizadas a los organismos involucrados (tanto gubernamentales como no gubernamentales), descritas previamente (Garmendia et al., 2005).
2. **Investigación documental.** Se recopiló información sobre la legislación y normatividad ambiental aplicable, y algunas técnicas de mitigación respecto a los impactos identificados.

Es importante destacar que en esta etapa se incluyeron todas las propuestas o medidas necesarias a partir del análisis de todo el resultado del proceso de la investigación.

## 6.4 Muestreo en el río Grijalva, dentro del Parque Nacional Cañón del Sumidero

Este estudio se condujo para determinar la composición, peso y factores que determinen ciertos rasgos de origen de los residuos que se acumulan dentro del área navegable del PNCS. Las características que se tomaron en cuenta por cada residuo son: tipo, cantidad y volumen, para lo cual se subdividió en subproductos generales y residuos de los recursos forestales.

En el caso de los residuos que provienen de recursos forestales se tomarán los siguientes datos:

- **Determinación de origen:** Para cada tronco en buen estado identificar a especie o tipo de vegetación.
- **Condiciones del tronco/árbol:** Desraizada, talada (hacha), aserrada, quemada.

La metodología se propuso de manera específica para el presente estudio, debido a que no se encontró alguna referencia acorde en la bibliografía consultada y porque el muestreo fue determinado en gran parte por las condiciones *in situ*. Para realizar el muestreo se consideró la siguiente normatividad y como resultado se diseñó la técnica empleada

- Norma Mexicana NMX-AA-15-1985.** Protección al Ambiente - Contaminación del Suelo - Residuos Sólidos Municipales - Muestreo - Método de Cuarteo. (Diario Oficial de la Federación, 1992)
- Norma Mexicana NMX-AA-19-1985.** Protección al Ambiente - Contaminación del Suelo - Residuos Sólidos Municipales - Peso Volumétrico "IN SITU" (Diario Oficial de la Federación, 1992).
- Norma Mexicana NMX-AA-22-1985.** Protección al Ambiente - Contaminación del Suelo - Residuos Sólidos Municipales - Selección y Cuantificación de Subproductos (Diario Oficial de la Federación , 1992).

### MÉTODO

1. Recorrido previo para la inspección en campo de la zona de estudio.
  - Georreferenciar puntos estratégicos de las zonas ocupadas por residuos.
  - Visualizar la distribución y composición de los residuos (tipo de residuo y la dinámica de distribución)
2. Posteriormente regresar a la zona de estudio para realizar el trabajo de campo
3. Ubicar las zonas de muestreo
4. Medir el cuadrante de la parcela con un lazo tipo "red de malla". El tamaño de las parcelas se tomó con base a los tipos de muestreo para la flora y vegetación que son en cuadrantes sugeridos para el muestreo de arbustos de 5m X 5m (Bautista et al., 2011).
5. Empezar a recuperar los residuos y transportarlo a la lancha
6. Llevar los residuos en una zona adecuada para empezar la separación, caracterización y peso de subproductos a través de una báscula digital. Cada tipo de subproducto ubicarlo en áreas separadas sobre una base plástica, colocarle una tarjeta de identificación para su toma fotográfica en el que indicaba el *número de muestra y subproducto*. En esta actividad se apegó lo mejor posible a la normatividad previamente mencionada.
7. Cuantificar y caracterizar los subproductos contenidos en los Residuos Sólidos con base a los formatos generados (*Caracterización de madera y troncos y Subproductos generales*).
8. Retirar los residuos y transportarlos en zonas adecuadas para su disposición final.
9. Analizar e interpretar los datos.

## CAPÍTULO 7 RESULTADOS

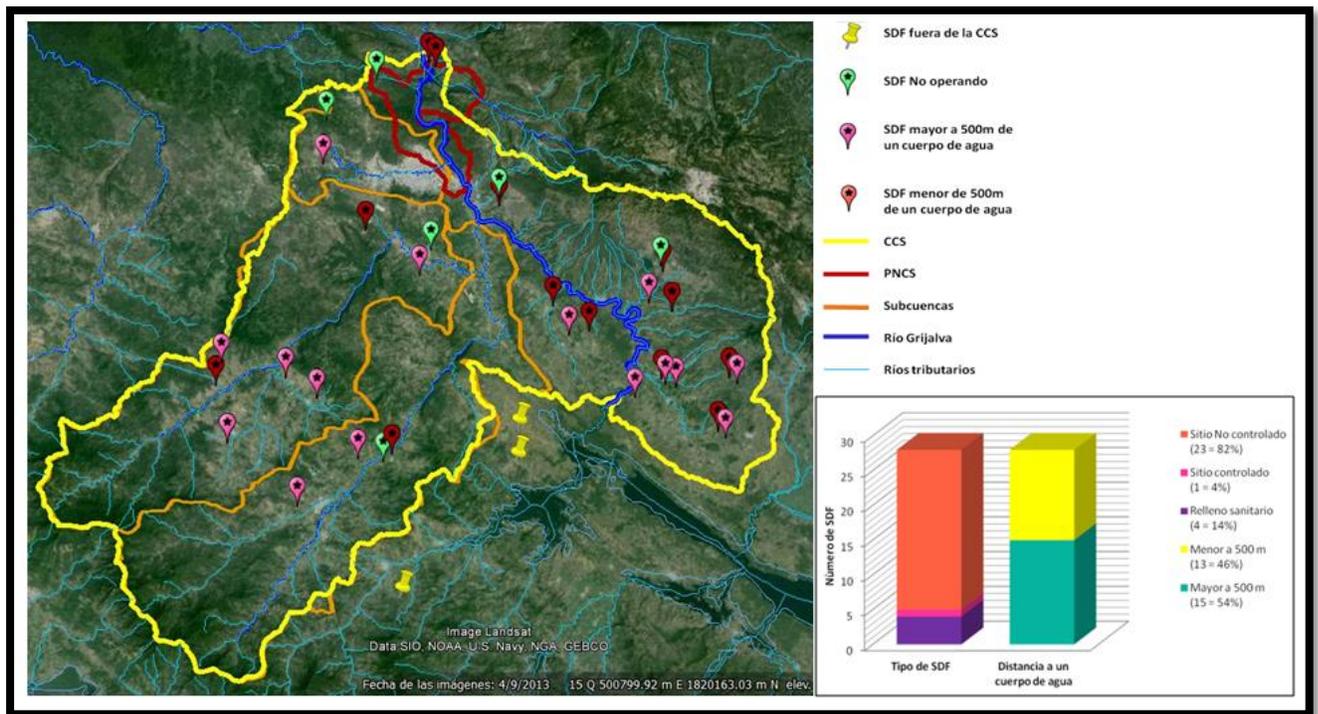
En este capítulo se dan a conocer los resultados obtenidos durante la investigación, relativos a los tres objetivos particulares y a las actividades que se realizaron para poder cumplirlos. Los resultados que se presentan incluyen: los sitios de disposición final dentro de la CCS, la evaluación de impacto ambiental de los residuos acumulados en el PNCS, las zonas con mayor deforestación dentro de la cuenca, el muestreo de residuos sólidos realizado en el Río Grijalva y el manejo de los residuos sólidos en el PNCS.

### 7.1 Sitios de disposición final de los residuos sólidos urbanos que se ubican en la Cuenca del Cañón del Sumidero.

Durante el trabajo de campo se visitaron 37 sitios de disposición final (SDF) pertenecientes a los 16 municipios que están dentro de la Cuenca del Cañón del Sumidero (CCS) (figura 7-1); de ellos, 3 SDF están fuera de la CCS y 6 no operan; los 28 sitios restantes se analizaron considerando los siguientes aspectos: visita de reconocimiento, tipo de SDF, mapa digital de ríos perennes e intermitentes proporcionado por la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA). Con el empleo de la herramienta Google Earth se determinó la distancia de los SDF a los ríos. En la figura 7-2 se ilustra la ubicación de los SDF visitados y la gráfica para su análisis que a continuación se detalla.



Figura 7-1. Descripción de los SDF visitados durante el trabajo de campo.



**Figura 7-2. Ubicación de los SDF visitados, tipo y cercanía a un cuerpo de agua dentro de la CCS.**

De los 28 SDF que se encuentran en operación dentro de la CCS, 23 (82%) son sitios no controlados, comúnmente llamados tiraderos a cielo abierto, 4 (14%) son rellenos sanitarios y uno (4%) es un sitio controlado. Sin embargo, es importante mencionar que, de los tiraderos a cielo abierto, cuatro son clandestinos (3 de pequeño tamaño y uno de gran magnitud, del municipio de Venustiano Carranza ubicado a un costado de un río permanente), y 18 son reconocidos por parte de los municipios. Con respecto a los rellenos sanitarios, uno es tipo A (Tuxtla Gutiérrez), dos son tipo C (Villaflora y Venustiano Carranza) y uno es tipo D (Nicolás Ruiz), sin embargo, los últimos tres operan de manera incorrecta, funcionando como tiraderos a cielo abierto y solo el relleno sanitario de Tuxtla Gutiérrez se apega a la normatividad (NOM-083-SEMARNAT-2003). El SDF de Chiapa de Corzo es un sitio controlado en el que se efectúa la cobertura diaria de tierra, mientras que el del municipio de Berriozábal solamente funciona como sitio controlado la mitad del año, correspondiente a la temporada de estiaje, y en la temporada de lluvias opera como un tiradero a cielo abierto, por ello se clasificó como sitio no controlado.

## 7.2 Evaluar el origen de los residuos sólidos urbanos de la Cuenca del Cañón del Sumidero que llegan al PNCS

Como se mencionó en la metodología, el propósito de esta evaluación fue determinar qué municipios podrían aportar más RSU al PNCS, clasificarlos de acuerdo a la prioridad de atención y conocer qué tipo de actividades o medidas son necesarias para cada uno de ellos.

Los criterios que se utilizaron fueron: **los sitios de disposición final** y **el efecto de los residuos que quedan en la calle** (esto es, cualquier residuo no levantado por el sistema de recolección municipal, ya sea porque se tira basura en la calle, porque el viento lo transporta o por el arrastre en época de lluvias).

Con base en lo anterior, los municipios que necesitan mayor atención respecto a los SDF porque son tiraderos a cielo abierto y se encuentran a menos de 500m de un cuerpo de agua superficial son: Acala, Emiliano Zapata, Osumacinta, Totolapa y Villaflores (cuadro 7-1). Esta información es trascendental ya que si se requiere destinar recursos para realizar rellenos sanitarios o alguna alternativa de manejo de los RSU estos municipios serían prioridad, debido a que los SDF de estos municipios son los que tienen mayor impacto en el PNCS. Es pertinente destacar que el municipio de Osumacinta tiene más de un SDF, por ello es necesario establecer un solo sitio que cumpla con la normatividad, mejorando los caminos de acceso y que no se establezcan nuevas zonas. Por otra parte, no obstante que el municipio de Venustiano Carranza no figura como prioritario en este rubro, es necesario que las autoridades clausuren y vigilen el tiradero clandestino a cielo abierto que va de la localidad Vicente Guerrero a Nicolás Ruiz, debido a que está a escasos 9 m del río permanente denominado San Martín, causando un impacto directo.

**Cuadro 7-1. Puntuación de los sitios de disposición final de los municipios existentes en la CCS**

ALTO (> 41.67 - 500.00)		MEDIANO (>20.83 - 41.67)		MÍNIMO (>10.42 - 20.83)		ACEPTABLE (>2.60 - 10.42)		ÓPTIMO (>0.00 - 2.60)	
Municipio	Valor	Municipio	Valor	Municipio	Valor	Municipio	Valor	Municipio	Valor
Acala	62.50	Chiapa de Corzo	41.67	Berriozábal	15.63	Nicolás Ruiz	10.42	Tuxtla Gutiérrez	0.00
Emiliano Zapata	62.50	Suchiapa	31.25	Chiapilla	15.63			San Fernando	0.00
Osumacinta	62.50	San Lucas	31.25					El Parral	0.00
Totolapa	62.50	Venustiano Carranza	27.61					Villacorzo	0.00
Villaflores	51.53								

**Fuente:** Elaboración propia.

Respecto a los residuos que de alguna forma se quedan en las calles de las cabeceras municipales y por acción del viento y las lluvias son arrastrados hacia los cuerpos de agua, los municipios que necesitan mayor atención son: Tuxtla Gutiérrez, Chiapa de Corzo, Acala y Villaflores (Ver cuadro 7-2), esta puntuación se debe principalmente a que las cabeceras municipales son atravesadas por ríos permanentes, la densidad poblacional es alta y tienen gran cercanía al Río Grijalva, por lo que causan un gran impacto. Es importante hacer notar que, no obstante la existencia de los sistemas de limpia de cada municipio, no es suficiente cuando la población civil no es responsable de sus residuos. Es por ello que en estos municipios se requieren campañas de

sensibilización y educación ambiental, así como normatividad más estricta, para concientizar sobre la problemática, esfuerzo y costo de tirar los residuos en la calle, dado que su destino es el PNCS. Otra de las actividades sugeridas es realizar campañas de limpieza previo a las temporadas de lluvias en las barrancas, ríos y arroyos, y operativos durante y posterior a la época de Semana Santa por la afluencia turística local a los ríos.

De los 16 municipios que forman parte de la CCS, 37.5% de las cabeceras municipales son atravesadas a la mitad por un río, 62,5% de las cabeceras municipales tienen en las orillas o en los alrededores un río (Acala y Villaflores, están en los dos casos), y solo las cabeceras de dos municipios (Venustiano Carranza y San Lucas) que representan 12.5% de los municipios, no están asentadas al margen o alrededor de un río.

**Cuadro 7-2. Puntuación de los municipios dentro de la CCS por el efecto de los residuos que quedan en las calles**

ALTO (> 12.50 - 141.46)		MEDIANO (>6.25 - 12.50)		MÍNIMO (> 3.12 - 6.25)		ACEPTABLE (> 0.92 - 3.12)		ÓPTIMO (> 0.18 - 0.92)	
Municipio	Valor	Municipio	Valor	Municipio	Valor	Municipio	Valor	Municipio	Valor
Tuxtla Gutiérrez	108.86			Osumacinta	5.46	San Fernando	2.75	Venustiano Carranza	0.72
Chiapa de Corzo	57.40			Suchiapa	5.14	Emiliano Zapata	2.57	San Lucas	0.36
Villaflores	35.51			Berriozábal	5.14	Chiapilla	1.65		
Acala	19.95			Villacorzo	4.42	Totolapa	1.28		
				El Parral	3.68	Nicolás Ruiz	1.28		

**Fuente:** Elaboración propia.

Como el objetivo de hacer esta evaluación es clasificar los municipios en cuanto a los niveles de prioridad para su atención, los resultados globales se muestran en la figura 7-3 y el cuadro 7-3, la puntuación es total sumando los puntos de los SDF y el efecto de los residuos que quedan en la calle, por lo que los municipios que a nivel general necesitan mayor atención en prioridad son: Tuxtla Gutiérrez, Chiapa de Corzo, Villaflores, Acala, Osumacinta, Emiliano Zapata y Totolapa.

Es importante comentar que el municipio de Osumacinta se encuentra aguas abajo de donde se forma el “taponamiento en el PNCS”, sin embargo, es importante aclarar que al realizar la investigación se detectaron 8 sitios donde se acumulan los residuos por lo que este resultado es de forma global de los residuos en el PNCS.

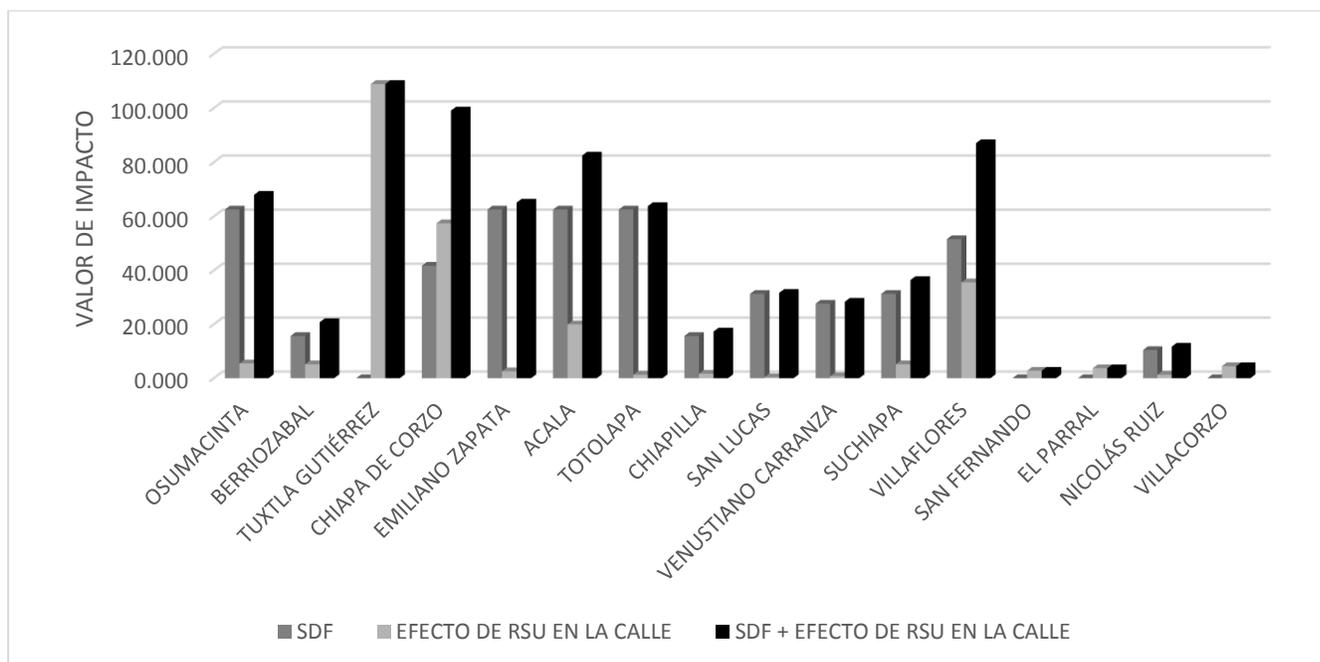


Figura 7-3. Gráfica del valor de impacto global de los municipios en la CCS, considerando los SDF y los RSU que quedan en la calle.

Fuente: Elaboración propia a partir de los datos obtenidos en campo.

Cuadro 7-3. Puntuación del nivel de impacto global de los municipios presentes en la CCS. Considera los SDF y RSU que quedan en la calle.

ALTO (> 54.16 - 641.46)		MEDIANO (> 27.08 - 54.16)		MÍNIMO (> 13.54 - 27.08)		ACEPTABLE (> 3.52 - 13.54)		ÓPTIMO (> 0.18 - 3.52)	
Municipio	Valor	Municipio	Valor	Municipio	Valor	Municipio	Valor	Municipio	Valor
Tuxtla Gutiérrez	108.86	Suchiapa	36.39	Berriozábal	20.76	Nicolás Ruiz	11.70	San Fernando	2.75
Chiapa de Corzo	99.06	San Lucas	31.61	Chiapilla	17.28	Villacorzo	4.42		
Villaflores	87.04	Venustiano Carranza	28.33			El Parral	3.68		
Acala	82.45								
Osumacinta	67.96								
Emiliano Zapata	65.07								
Totolapa	63.78								

Fuente: Elaboración propia.

### 7.3 Análisis multitemporal de la pérdida de cobertura vegetal dentro de la Cuenca del Cañón del Sumidero.

Como se mencionó en la sección 7.4.1, el 97.31 % de los residuos que se acumulan en el PNCS es madera, y ésta proviene de la Cuenca del Cañón del Sumidero (CCS), por esta razón se realizó un análisis multitemporal de la CCS a través de imágenes satelitales Landsat 5 TM+ de los años 1986, 2001 y 2011.

Es importante comentar que el presente análisis considera la cobertura vegetal en general de la CCS, por lo que no se incluye el comportamiento y/o cambio de los diferentes tipos de vegetación a través del tiempo, así como su fluctuación al ser un tipo de vegetación primaria o secundaria. Se analiza la presencia o ausencia de vegetación dentro de la CCS y su cambio a través del tiempo, por ello es muy probable que cierto porcentaje abarque a las zonas de cultivos permanentes como frutales, cafetales o con cultivos de riego.

Al respecto se puede decir que más del 50% de la superficie de la cuenca ha mantenido su cobertura vegetal a través de 25 años (1986-2011), sin embargo, es pertinente advertir de la constante pérdida en la cobertura vegetal que existe dentro de la CCS, por ejemplo, en los quince años que abarca el periodo de 1986 a 2001 la cuenca sufrió una pérdida de 75,517.2 ha (12.81 % de la superficie total de la cuenca) y del año 2001 al 2011 fueron 33,951.33 ha (5.76%) (Ver cuadro 7-4 y figura 7-4 y 7-5) situación que explica las razones de la acumulación de residuos de madera dentro del PNCS, porque la pérdida de la cobertura vegetal trae consigo el incremento de la erosión, pérdida de materia orgánica en los suelos, azolvamiento de cuerpos de agua y en suma pérdida de biodiversidad en su conjunto. Por ello es importante realizar acciones no solo de conservación de la cobertura vegetal, sino también prácticas de conservación de suelos.

**Cuadro 7-4. Cobertura vegetal y su cambio a través de los años 1986, 2001 y 2011 en la Cuenca del Cañón del Sumidero.**

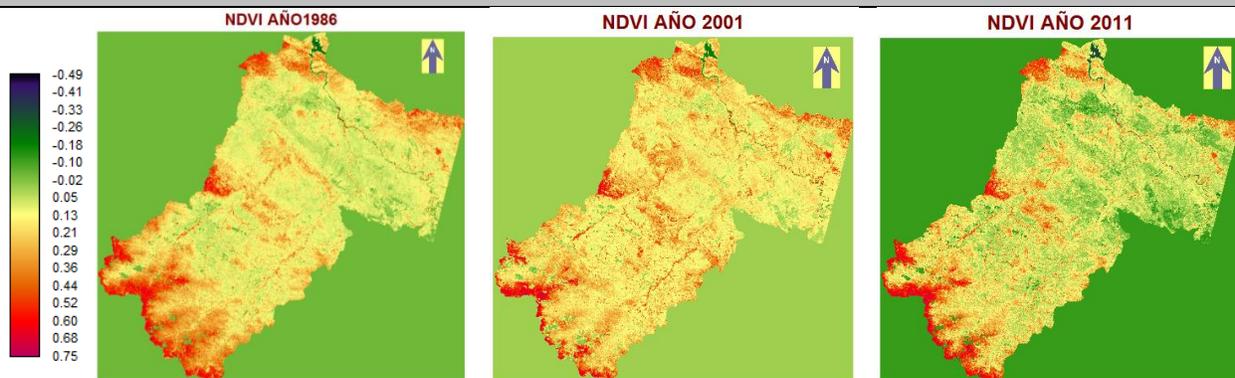
<b>SECCIÓN A: COBERTURA VEGETAL EN LA CUENCA DEL CAÑÓN DEL SUMIDERO</b>						
	<b>1986</b>	<b>%</b>	<b>2001</b>	<b>%</b>	<b>2011</b>	<b>%</b>
<b>SIN VEGETACIÓN</b>	206984.07	35.10	226672.56	38.44	186955.38	31.70
<b>CON VEGETACIÓN</b>	382701.51	64.90	363013.02	61.56	402730.2	68.30
<b>TOTAL</b>	589685.58	100	589685.58	100	589685.58	100

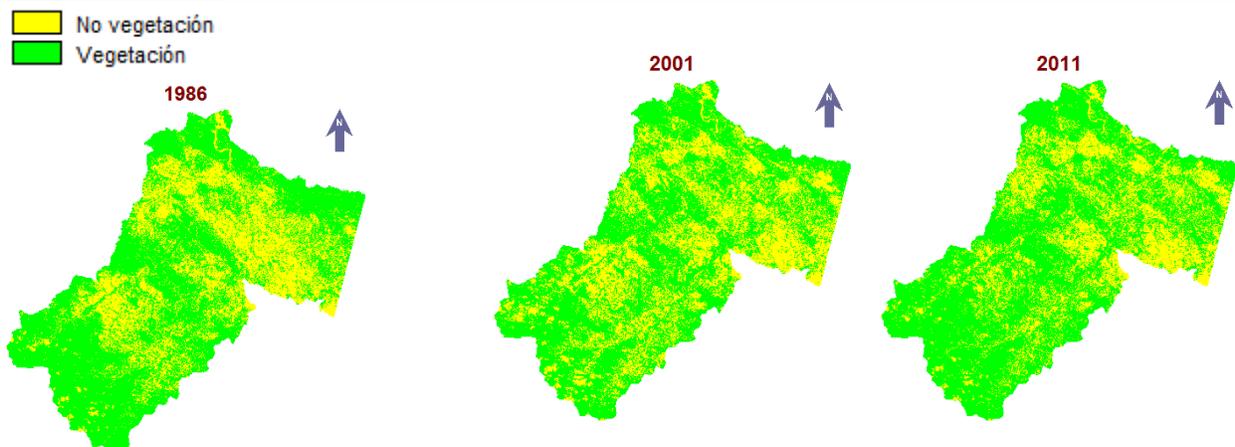
<b>SECCIÓN B: CAMBIO EN LA COBERTURA VEGETAL EN LA CUENCA DEL CAÑÓN DEL SUMIDERO</b>						
	<b>1986-2001</b>	<b>%</b>	<b>2001-2011</b>	<b>%</b>	<b>1986-2011</b>	<b>%</b>
<b>SE MANTUVO SIN VEGETACIÓN</b>	151,155.36	25.63	153004.05	25.95	131935.95	22.37
<b>GANANCIA DE VEGETACIÓN</b>	55,828.71	9.47	73668.51	12.49	75048.12	12.73
<b>PÉRDIDA DE VEGETACIÓN</b>	75,517.20	12.81	33951.33	5.76	55019.43	9.33
<b>SE MANTUVO CON VEGETACIÓN</b>	307,184.31	52.09	329061.69	55.80	327,682.08	55.57
<b>TOTAL</b>	589,685.58	100.00	589,685.58	100.00	589,685.58	100.00

**Fuente:** Elaboración propia a partir de los datos obtenidos en los cálculos de NDVI con el programa Idrisi versión Selva.

SECCIÓN A: Valores de NDVI por cada año, los rangos pueden fluctuar de -1 a 1.



SECCIÓN B: Reclasificación booleana de los mapas a partir de los valores de NDVI



SECCIÓN C: Cambios en la cobertura vegetal dentro de la CCS

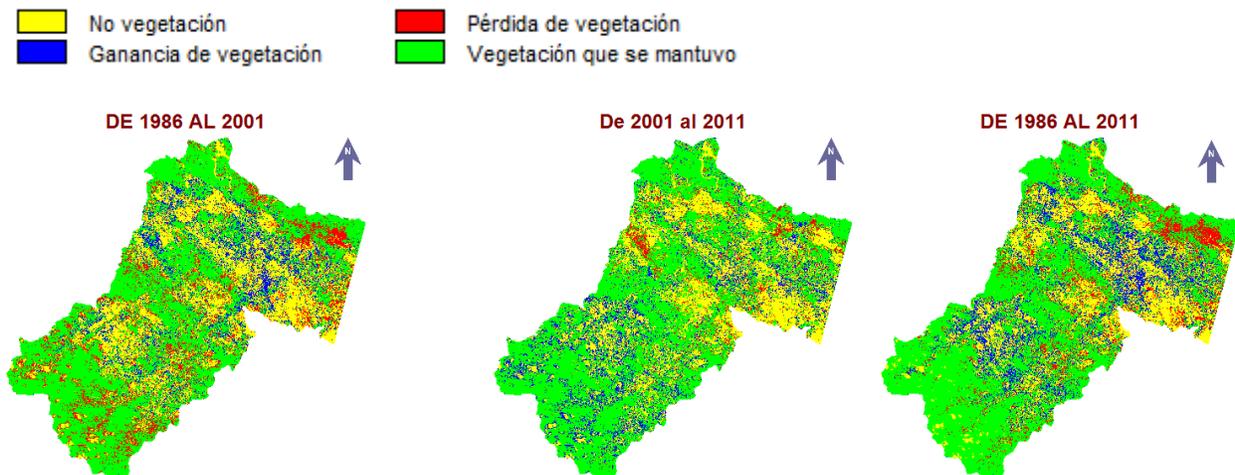


Figura 7-4. Mapas de la Cuenca del Cañón del Sumidero (CCS), ilustrando los valores de NDVI, Imagen booleana y cambios de vegetación a través del tiempo.

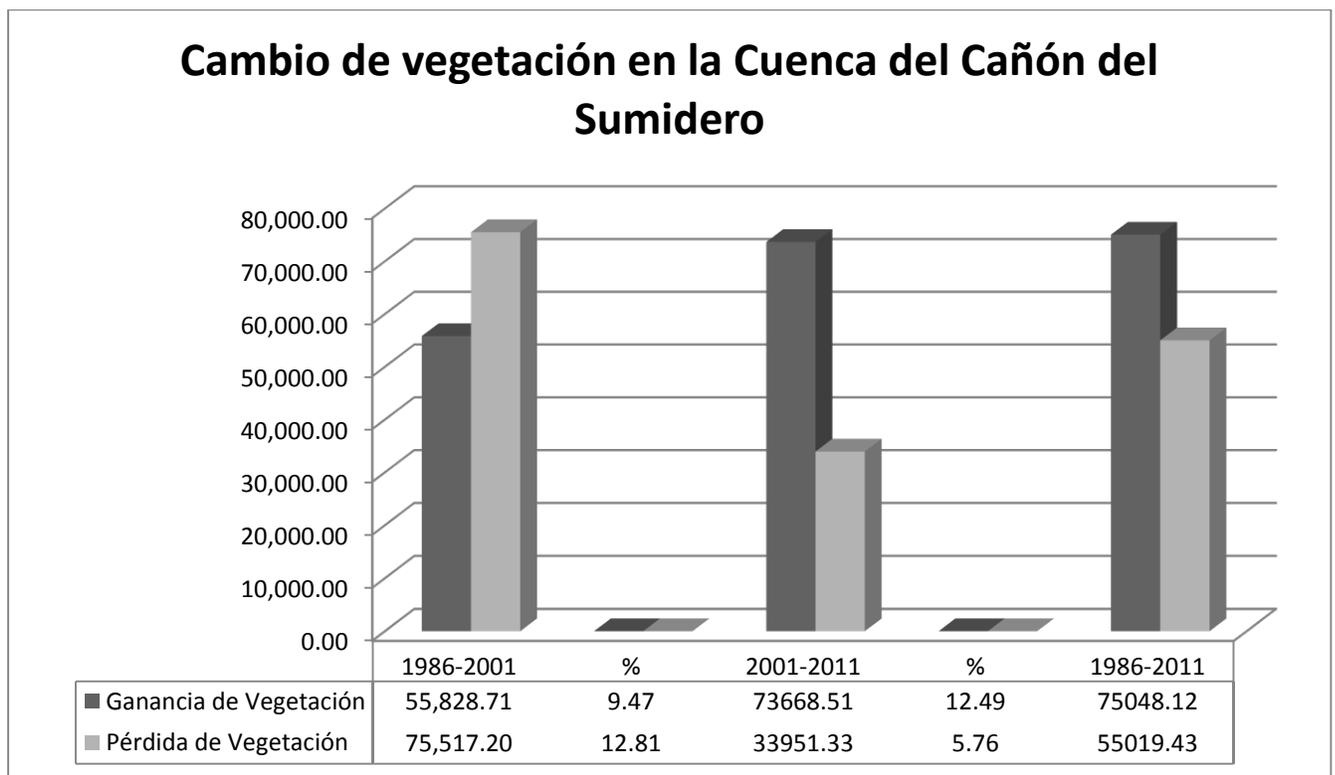
En la *SECCIÓN A* se aprecia los valores de NDVI de la Cuenca del Cañón del Sumidero (CCS), respectivo a cada año (Valores de 0,15 a 1 representan vegetación). En la *SECCIÓN B* se observa la imagen booleana generada a través de la reclasificación y en la *SECCIÓN C* se observan claramente los cambios de vegetación a través del tiempo dentro de la CCS. Imágenes procesadas en el software IDRISI versión Selva.

Un aspecto positivo ha sido la recuperación en la cobertura vegetal, de 1986 al 2001 se perdió el 12.81% de la superficie total de la cuenca, y se recuperó el 9.47%, situación que mejoró de 2001 al 2011 con una pérdida de 5.76% y una ganancia en la cobertura vegetal de 12.49% (Ver cuadro 7-4 y figura 7-5).

Sin embargo, entre 1986 y 2011, se recuperó 3.4% de la superficie de cobertura vegetal dentro de la cuenca, ya que en 1986 la cobertura vegetal representó el 64.9% y 2001 fue 68.3%.

No obstante que ha existido una recuperación en la cuenca, es importante identificar las zonas que presentan degradación. Una de las zonas que mayor degradación ha presentado se localiza al noreste de la CCS, al norte del municipio de Acala, que es un cerro en el que convergen los municipios de Acala, San Lucas, Chiapa de Corzo y Zinacantán. Otra zona con cambios notables es la porción noroeste de la CCS, el área que le corresponde al municipio de Ocozocoautla Chiapas.

Por otra parte, de todas las subcuencas de los ríos de la CCS, la del Río Santo Domingo ha sido la de mayor cambio en la cobertura de vegetación, puesto que gran parte de la que se encontraba en las márgenes del río ha desaparecido (reconocida como Bosque de Galería). Esta conclusión es congruente con lo mencionado en la sección 7.4.2, que se refiere al muestreo de residuos en el río dentro del PNCS, donde se menciona que el 60% de los especímenes forestales encontrados en los residuos de madera identificados a especie, están asociados a vivir en ríos y arroyos (Bosque de Galería). Por ello se reitera que es de suma importancia promover acciones de conservación y restauración de los Bosques de Galería y en especial el de la subcuenca del Río Santo Domingo.



**Figura 7-5. Cambio en la cobertura de la vegetación en la Cuenca del Cañón del Sumidero a través de los años de 1986, 2001 y 2011.**

**Fuente:** Elaboración propia a partir de los datos obtenidos en los cálculos de NDVI con el programa Idrisi versión Selva.

En un estudio realizado para la Cuenca del Cañón del Sumidero sobre el cambio de uso de suelo donde se analizan los años de 1980, 1990 y 2000, se menciona que 1990 fue el año en el que se presentó mayor deterioro, ya que se perdió más de la mitad del **recurso forestal primario** del área, al pasar de 31.44 % de la superficie total de la cuenca en 1980 a 14.37% en 1990 y 16.57% en el año 2000, cuando se tiene una ligera recuperación debido al incremento de la superficie de cafetales y frutales en la zona (CONAGUA, 2009).

Se atribuye a las actividades agrícolas y pecuarias la causa de estos procesos de degradación, que en 1980 ocuparon 10.34% y 8.33%, respectivamente de la superficie total de la cuenca, incrementándose en 1990 a 20.38% y 10.72%, respectivamente, y en el 2000 a 23.38% y 14.17%, respectivamente (*Op Cit*).

Es pertinente destacar que el año de 1986, el más distante considerado en el presente tema de investigación, la cuenca ya estaba sufriendo procesos de degradación, situación que se prolonga hasta el 2001, sin embargo, para el 2011 se observa una recuperación, su condición en cobertura vegetal es mejor que en 1986, esto no significa una recuperación de las condiciones originales o de **vegetación primaria**, porque para afirmarlo sería necesario hacer un análisis mucho más detallado sobre los tipos de vegetación y su cambio a través del tiempo.

Estos incrementos en la superficie agropecuaria obedecen a la necesidad de incrementar la producción de alimentos para una población en constante crecimiento, por ejemplo, en 1980 la cuenca contaba con una población total de 300,428 habitantes, en 1990 se incrementó a 555,541 habitantes, en el 2000 a 758,842 habitantes y en el 2010 a 975,027 habitantes; es decir, de 1980 al 2010 aumentó 3.25 veces.

Ahora bien, es importante discutir el factor que generó estos cambios, para ello retrocédase a 1951, cuando se crea la Comisión del Grijalva. La obra más importante a realizar era la presa en el cauce del Río Grijalva con la encomienda de lograr el desarrollo rural de la zona y evitar inundaciones en las planicies de Tabasco. En este sentido, se comenzó a percibir un cambio en las comunidades debido a la inversión importante en infraestructura de caminos, construcción de presas y obras para el abastecimiento de agua potable. Sin embargo, fue en los años de 1964 a 1974 cuando se ejecutan las obras más grandes y de mayor inversión, hasta que en 1976 empieza a operar la CH La Angostura (Dr. Belisario Domínguez) y en 1980 la CH Chicoasén (Manuel Moreno Torres), que fueron las causantes del aumento de la población en el área y propiciaron los cambios en el uso del suelo con la finalidad de establecer polos de desarrollo agropecuarios que, hasta la fecha, no han logrado cumplir los objetivos planteados originalmente (CONAGUA, 2009).

Es pertinente recordar que, para lograr un desarrollo sustentable, se tienen que considerar los aspectos sociales, económicos y ambientales, situación que no se ha logrado dentro de la CCS por el deterioro que ha presentado desde los años 60's y que son reflejo de la falta de planeación y ordenamiento de las actividades productivas que posibiliten la sustentabilidad de la cuenca. La situación actual debería motivar que los proyectos venideros sean planeados con una visión de cuenca, que tomen en cuenta a su población como parte del problema y de la solución, al igual que la participación y compromiso de la sociedad civil y de las instituciones en sus tres órdenes de gobierno para revertir los procesos de degradación y sea posible aspirar al desarrollo sustentable en la cuenca.

## 7.4 Evaluación cuantitativa de impacto ambiental

En el cuadro 7-5 se muestra el impacto ambiental de los residuos sólidos en el PNCS. Se considera, la calidad ambiental de la condición actual “con residuos” y la calidad ambiental de la condición “sin residuos”, que es supuesta para fines de evaluación.

El *índice de impacto*, que es uno de los resultados más relevantes de la metodología, se obtuvo multiplicando la calidad ambiental por el peso del factor. El *peso del factor* se obtuvo aplicando la técnica Delphi para ponderar cada elemento ambiental repartiendo 100 puntos entre dichos elementos de acuerdo a su importancia relativa. Para aplicar la técnica Delphi se integró un panel de 11 expertos.

La *calidad ambiental* se determinó de forma cuantitativa a través de indicadores ambientales, establecidos por la normatividad ambiental vigente o bien consignados en la literatura, y en otros casos se propusieron específicamente para el caso en estudio. En el cuadro 7-5 se observa que el índice de impacto ambiental sin residuos, en una escala de 0 a 100, es de 92.953 y la calidad ambiental con residuos es de 79.466, **por lo que se considera que el impacto causado por los residuos sólidos en el PNCS es 13.486 y de acuerdo con el juicio sobre los impactos se clasifica como Moderado**. En orden de prelación, de mayor a menor impacto sobre los elementos ambientales, se tiene la lista siguiente: paisaje, peces, calidad del agua, pesca, empleo temporal generación de energía eléctrica y cocodrilo. No obstante que para la mayoría de los elementos ambientales el juicio sobre los impactos es Compatible, el elemento ambiental más valorado en el PNCS es el paisaje, y coincidentemente es el elemento más afectado, situación que está repercutiendo severamente y a ello se debe que el impacto global sea Moderado.

Los resultados de las columnas de calidad ambiental del cuadro 7-5 están normalizados en una escala de 0 a 1, donde 1 es el valor correspondiente a la mayor calidad ambiental (Figura 7-6); en la primera columna se observa que la afectación al paisaje es más grande porque ésta afecta a más de la mitad del elemento, por ello está valorado como un impacto severo. Es importante aclarar que el paisaje considerado sólo incluye el acuático del cauce del Río Grijalva a lo largo del PNCS.

Uno de los aspectos importantes a destacar es que esta investigación es uno de los primeros trabajos en este rubro, porque no se encontraron referencias previas sobre este tema, incluso Espinoza y Gómez (2009) comentan al respecto lo siguiente: “La misma CONAGUA y la CFE, reconocen que no disponen de información real y actualizada sobre el grado de depósito y acumulación de sedimentos, incluida basura, acarreados por la acción del agua a las presas (azolvamiento); lo que disminuye la capacidad de las mismas, puede taponear el desfogue y afecta la calidad del agua que concentran” .

Cuadro 7-5. Evaluación de impacto ambiental causado por los residuos que se acumulan en el PNCS.

ELEMENTO AMBIENTAL	CALIDAD AMBIENTAL ACTUAL	CALIDAD AMBIENTAL SIN RESIDUOS	PESO DEL ELEMENTO	ÍNDICE DEL IMPACTO ACTUAL	ÍNDICE DEL IMPACTO SIN RESIDUOS	JUICIO SOBRE LOS IMPACTOS
Paisaje	0,422	1,000	19,972	8,420	19,972	Severo
Suelo	1,000	1,000	8,953	8,953	8,953	Compatible
Calidad del agua	0,869	0,893	16,529	14,369	14,756	Compatible
Selva Mediana Subcaducifolia	0,780	0,780	9,917	7,736	7,736	Compatible
Aves	1,000	1,000	3,944	3,944	3,944	Compatible
Reptiles (cocodrilo)	0,998	1,000	6,574	6,563	6,574	Compatible
Peces	0,785	1,000	6,837	5,369	6,837	Moderado
Pesca	0,933	0,960	3,349	3,126	3,215	Compatible
Generación de energía eléctrica	0,361	0,373	3,654	1,320	1,364	Compatible
Empleo temporal	0,820	0,800	3,349	2,745	2,681	Compatible
Actividad turística	1,000	1,000	7,003	7,003	7,003	Compatible
Salud y seguridad	1,000	1,000	9,917	9,917	9,917	Compatible
<b>CA TOTAL DEL PNCS</b>	<b>10.080</b>	<b>10.935</b>	<b>100.000</b>	<b>79.466</b>	<b>92.953</b>	<b>Compatible</b>

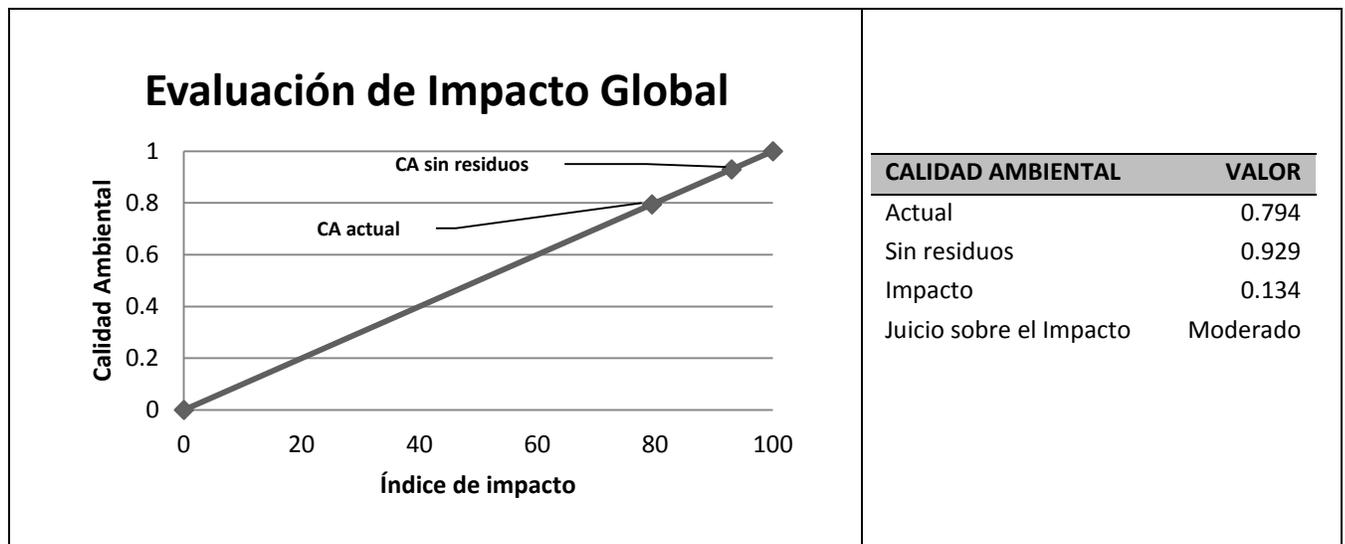


Figura 7-6. Calidad Ambiental Global

La interpretación de la gráfica mostrada en la figura 7-6, así como de los subsecuentes elementos ambientales se define a continuación:

- La calidad ambiental (CA) varía de 0 a 1 al haber utilizado funciones de transformación.
- El valor 1 es el más alto y satisfactorio, es decir tiene una calidad excelente y el valor de 0 es el de peor calidad.
- El valor de impacto se obtiene de la siguiente manera:  $(CA \text{ sin residuos} - CA \text{ actual})$
- Si el impacto es 0.134, significa que el impacto está afectando en un 13.4 %.

Respecto a Garmendia et al (2005) los criterios para valorar cada uno de los impactos son:

Tipo de impacto ambiental	Definición
<b>Compatible</b>	Aquél cuya recuperación es inmediata tras el cese de la actividad, y no precisa prácticas protectoras o correctoras
<b>Moderado</b>	Aquél cuya recuperación no precisa prácticas protectoras o correctoras intensivas, y en el que la consecución de las condiciones ambientales iniciales requiere cierto tiempo
<b>Severo</b>	Aquél en el que la recuperación de las condiciones del medio exige la adecuación de medidas protectoras o correctoras, y en el que, aún con esas medidas, aquella recuperación precisa un período de tiempo dilatado.
<b>Crítico</b>	Aquél cuya magnitud es superior al umbral aceptable. Con él se produce una pérdida permanente de la calidad de las condiciones ambientales, sin posible recuperación, incluso con la adopción de medidas protectoras o correctoras

A continuación se describe detalladamente cada elemento ambiental, las causas de impacto y el procedimiento de evaluación.

#### 7.4.1 Paisaje y recreación

Un elemento ambiental muy importante, y tal vez el más significativo en este caso, es paisajístico o escénico, ya que la belleza de esta ANP es uno de los principales atractivos del estado de Chiapas en los ámbitos nacional e internacional, y en la época de contingencia la belleza escénica se deteriora drásticamente.

Para las cooperativas turísticas de transporte acuático, el mayor impacto que genera la acumulación de residuos es la mala imagen que exhibe el río, que se advierte por los comentarios negativos que reciben los lancheros por parte de los turistas frecuentemente, destacando los siguientes de acuerdo a lo expresado por los lancheros entrevistados:

“Nos dicen (los turistas) que deberíamos de limpiar, que es un cochinerero, que no es posible que estemos cobrando por llevarlos a ese lugar, que formamos parte de una sociedad cochina porque tenemos el cañón lleno de basura; que es el cañón del basurero. A pesar de que se les explica que es una problemática fuerte y no son residuos de solo un municipio sino de muchos municipios y comunidades río arriba, los turistas dicen <la madera se les perdona pero el plástico no>”.

Las cooperativas estiman que en época de lluvias las quejas en promedio son 8 por cada 10 recorridos y en la temporada de estiaje son 3 por cada 10 recorridos.

El elemento ambiental *paisaje* fue evaluado con el indicador conocido como **incidencia visual (I)**, que es el porcentaje del ámbito de estudio desde el que se observa la actuación (Gómez, 2002), los resultados pueden observarse en la figura 7-7.

$$I = \frac{\text{Superficie incidente}}{\text{Superficie del ámbito de referencia}} \times 100$$

*Superficie incidente:* aquella desde la que son visibles las alteraciones del paisaje causadas por la acción. En este caso son 13.6 km correspondiente a la zona donde se acumulan los residuos quedando a la vista de los turistas. Es pertinente aclarar que no son 13.6 km continuos de residuos, sino que en ese tramo pueden encontrarse grandes cúmulos de residuos y depende del año y de la temporada anual.

*Superficie del ámbito de referencia:* Superficie total de la zona de estudio, en este caso son los 32 km de embalse de la presa en el curso del Río Grijalva y que está dentro del PNCS.

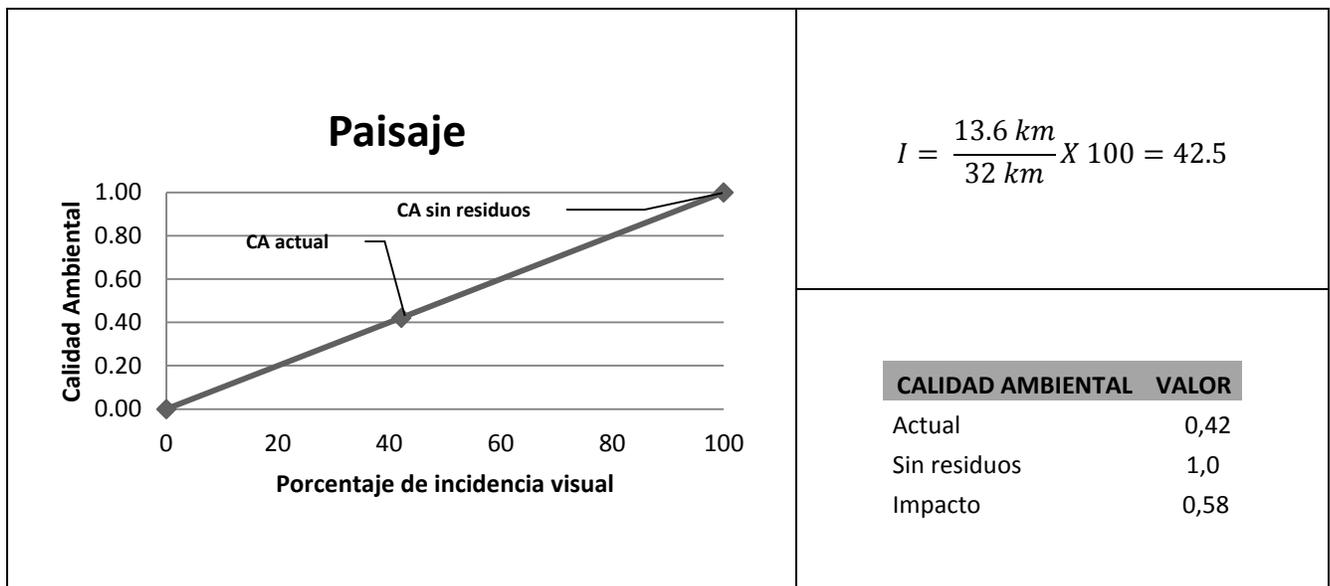


Figura 7-7. Calidad Ambiental del elemento Paisaje

Las acciones causantes de este impacto son: Disposición final inadecuada de residuos sólidos urbanos, disposición final inadecuada de contenedores de agroquímicos y cambio de uso de suelo.

### 7.4.2 Suelo

El impacto en el suelo se debe a las actividades de limpieza del PNCS, ya que sobre él se disponen los residuos de madera, en la zona denominada La Selvita, y los plásticos en la zona denominada El Playón, ambas áreas ubicadas al margen del Río Grijalva dentro del área natural protegida. El Playón abarca una superficie aproximada de 0.089 ha, en el caso de La Selvita se tiene un área aproximada de 0.177 ha; es decir, ambas áreas representan el 0.0012 % de la superficie del PNCS con 0.266 ha.

Para evaluar el impacto en el suelo, se consideró la situación más desfavorable consistente en tomar la superficie afectada por plásticos como pérdida del suelo (Figura 7-8).

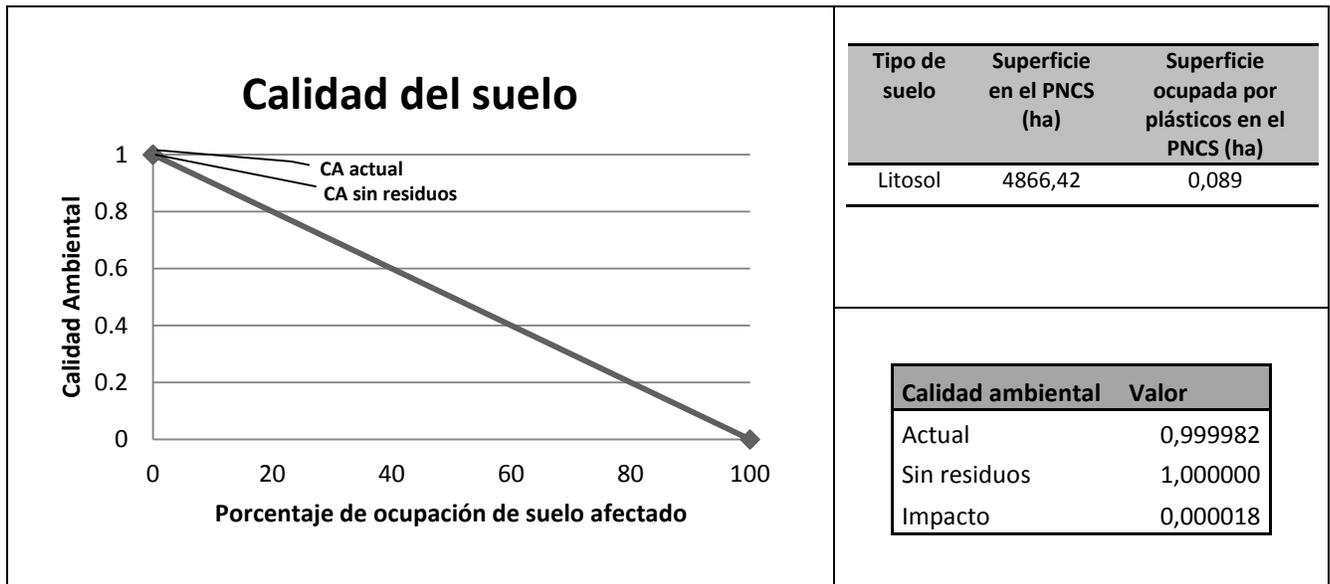


Figura 7-8. Calidad ambiental del elemento Suelo

La acción causante de este impacto es: La disposición de residuos de plástico en el margen del Río Grijalva como parte del programa de limpieza integral del Río.

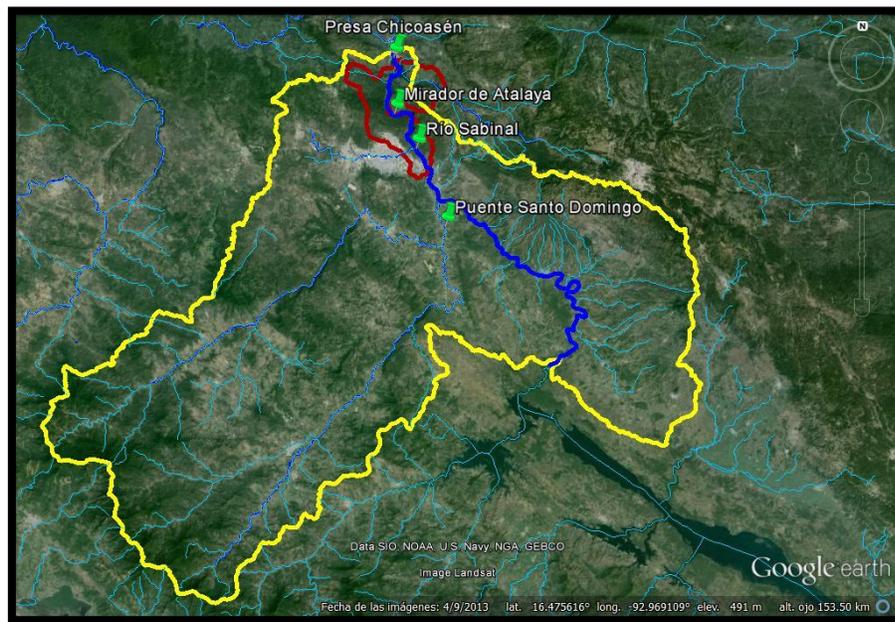
### 7.4.3 Agua

En el PNCS el Grijalva es el río principal y es en donde se produce la acumulación de residuos. El impacto sobre la hidrología superficial es el cambio en la calidad del agua, sin embargo, por el tipo de residuo (sea madera o plástico) las afectaciones en la calidad del agua no son significativas, porque estos materiales tardan mucho tiempo en degradarse, la madera requiere aproximadamente de 1 a 3 años y los plásticos de acuerdo a su composición más de mil años. Otro factor que podría afectar la calidad del agua es que los envases de plástico pueden contener remanentes de sustancias químicas, como son: cloro, agroquímicos, ácido muriático, lubricantes, etc. Sin embargo, en virtud de que algunas sustancias son residuos peligrosos, su análisis queda fuera de los alcances de esta tesis.

Un aspecto importante de la calidad del agua es que existen diversos factores que intervienen en su variación, como son: descargas de aguas residuales, arrastre de sedimentos y los residuos sólidos. Se presume que el impacto en la calidad del agua causado por los residuos que se acumulan podría ser mínimo por tratarse de residuos de muy lenta degradabilidad. Otro hecho que favorece al Río Grijalva es que el gran caudal que presenta propicia que se diluyan las concentraciones de contaminantes.

En esta sección se presenta información sobre calidad del agua obtenida por la CONAGUA a través de muestreos realizados del año 2005 al 2010 en diferentes puntos, de los siguientes parámetros: demanda bioquímica de oxígeno (DBO<sub>5</sub>), demanda química de oxígeno (DQO) y sólidos suspendidos totales (SST).

En la figura 7-9 se identifican tres puntos de muestreo a lo largo del Río Grijalva y uno en el río Santo Domingo (Previo al río Grijalva) de los que se dispone de resultados de análisis de laboratorio, dos puntos se encuentran antes del Mirador de Atalaya (punto más cercano donde se acumulan residuos) y uno posterior al de la Atalaya. Ubicando los puntos de muestreo en dirección aguas abajo del Río, el orden es el siguiente: *Puente Santo Domingo*, *Río Sabinal*, *Mirador de Atalaya* y finalmente *C.H. Chicoasén*.



**Figura 7-9. Puntos de muestreo a lo largo del Río Grijalva y del río Santo Domingo**

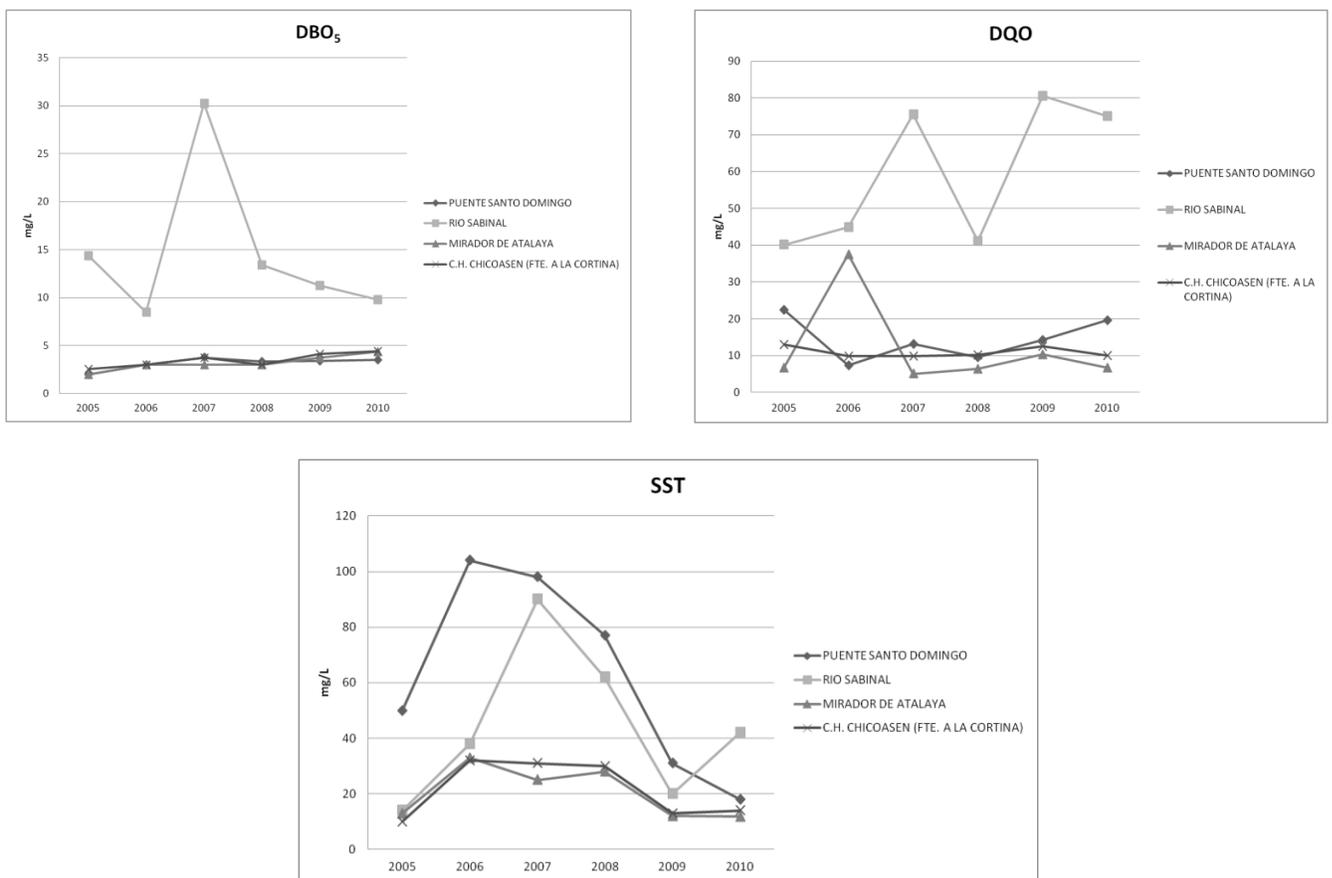
En el cuadro 7-6 se incluyen los promedios de las medianas de cada parámetro. De los cuatro puntos, el que presenta menor valor de DBO<sub>5</sub> es el *Puente Santo Domingo* (3.17 mg/L), le sigue el punto denominado *Mirador de Atalaya* (3,18 mg/L); en cuanto a DQO, el valor más bajo corresponde al que presenta el punto *CH Chicoasén* (10.87 mg/L); con respecto a SST el *Mirador de Atalaya* presenta el menor valor, con 11.83 mg/L. En todos los casos el punto *Río Sabinal* presenta los valores mayores de DBO<sub>5</sub> y DQO; este río recibe gran parte de las aguas residuales de la ciudad de Tuxtla Gutiérrez al atravesar la ciudad. No obstante que en el periodo analizado estaba operando la planta de tratamiento de aguas residuales *Paso Limón*, no era suficiente para poder tratar las aguas de la ciudad.

En el cuadro 7-6 Se muestran las medianas de cada año para cada punto de muestreo a lo largo del Río Grijalva dentro de la Cuenca del Cañón del Sumidero. En la figura 7-10 se presentan las gráficas correspondientes a cada parámetro en el periodo analizado.

**Cuadro 7-6. Promedio de las medianas de cada parámetro (DBO<sub>5</sub>, DQO Y SST) del año 2005-2010 a lo largo del río Grijalva.**

AÑO	PUENTE SANTO DOMINGO			RIO SABINAL			MIRADOR DE ATALAYA			C.H. CHICOASEN (FTE. A LA CORTINA)		
	DBO <sub>5</sub> mg/L	DQO mg/L	SST mg/L	DBO <sub>5</sub> mg/L	DQO mg/L	SST mg/L	DBO <sub>5</sub> mg/L	DQO mg/L	SST mg/L	DBO <sub>5</sub> mg/L	DQO mg/L	SST mg/L
2005	2	22,44	50	14,375	40,075	14	2	6,66	13	2,57	13	10
2006	3	7,309	104	8,5	44,88	38	3	37,5	33	3	9,792	32
2007	3,77	13,17	98	30,26	75,555	90	3	5	25	3,715	9,84	31
2008	3,35	9,54	77	13,425	41,08	62	3	6,405	28	3	10,115	30
2009	3,39	14,185	31	11,245	80,515	20	3,745	10,32	12	4,115	12,515	13
2010	3,525	19,52	18	9,81	75,09	42	4,355	6,675	11,83	4,43	9,97	14
<b>Promedio</b>	<b>3,17</b>	<b>14,36</b>	<b>63,00</b>	<b>14,60</b>	<b>59,53</b>	<b>44,33</b>	<b>3,18</b>	<b>12,09</b>	<b>20,47</b>	<b>3,47</b>	<b>10,87</b>	<b>21,67</b>

Fuente: Archivo Interno. CONAGUA



**Figura 7-10. Gráficas correspondientes a cada parámetro analizado del año 2005-2010 a lo largo del río Grijalva.**

Fuente: Elaboración propia a partir de Archivos Internos de la CONAGUA. Superior Izquierda: DBO<sub>5</sub>. Superior Derecha: DQO. Inferior: SST

Es importante destacar que en el año 2006 en el punto Mirador de Atalaya, las concentraciones de la DBO<sub>5</sub> y la DQO se elevaron significativamente a 14.03 mg/L y 11832 mg/L, respectivamente. No se muestra en los datos debido a que se registraron únicamente las medianas, pero este dato refleja los abruptos cambios a lo largo del año dentro del comportamiento de la calidad del Río Grijalva.

Uno de los puntos de muestreo de la CONAGUA que se encuentra más cerca de la zona "El Tapón" es el denominado *Mirador de Atalaya*; en el cuadro 7-7 se analiza cada parámetro de este punto.

**Cuadro 7-7. Análisis de los parámetros (DBO<sub>5</sub>, DQO y SST) del punto de Muestreo Mirador de Atalaya.**

DBO <sub>5</sub> mg/L	DQO mg/L	SST mg/L
La tendencia de este indicador muestra que ha ido aumentando. Sin embargo, el promedio de las medianas tiene un valor de 3.18 mg/L, que se clasifica como <i>Buena Calidad</i> de acuerdo con la CONAGUA.	Este indicador presenta una mayor variabilidad, sin embargo, el promedio de las medianas es de 12.09 mg/L, que se clasifica como <i>Buena Calidad</i> de acuerdo con la CONAGUA.	Respecto a este indicador, ha ido disminuyendo, sin embargo, ha tenido años abruptos como el 2006 y 2008 que han sido los más altos, el promedio de las medianas es de 20.47 mg/L, que se clasifica de acuerdo con la CONAGUA como <i>Excelente</i>

**DBO<sub>5</sub>**: Demanda bioquímica de oxígeno; **DQO**: Demanda química de oxígeno; **SST**: Sólidos suspendidos totales. Por lo que se observó, la CONAGUA realizaba 4 muestras al año, tratando de cubrir dos en época de estiaje y dos en época de lluvia, los muestreos no se realizaban en el mismo mes, pero sí se trataba de respetar la época. Los resultados que se muestran son las medianas de cada año.

Una de las actividades que se lleva año con año en el área navegable del Río Grijalva es la pesca deportiva y la natación Copa Mundo Fina. Estas actividades podrían verse afectadas o canceladas al cambiar la calidad del agua del Río.

Con la intención de evaluar la calidad del agua de forma cuantitativa se utilizaron los valores de la DBO<sub>5</sub>, la DQO y los SST de los años 2005 y 2010. Los resultados se muestran en el cuadro 7-8. y la figura 7-11.

**Cuadro 7-8. Calidad ambiental de elemento agua.**

INDICADORES	CALIDAD AMBIENTAL NORMALIZADA		IMPORTANCIA	CALIDAD AMBIENTAL POR IMPORTANCIA		
	2005	2010		2005	2010	IMPACTO
<b>DBO<sub>5</sub></b>	0,934	0,856	0,333	0,311	0,285	0,026
<b>DQO</b>	0,834	0,833	0,333	0,278	0,277	0,000
<b>SST</b>	0,913	0,921	0,333	0,304	0,307	-0,003
<b>TOTAL</b>				<b>0,893</b>	<b>0,869</b>	<b>0,023</b>

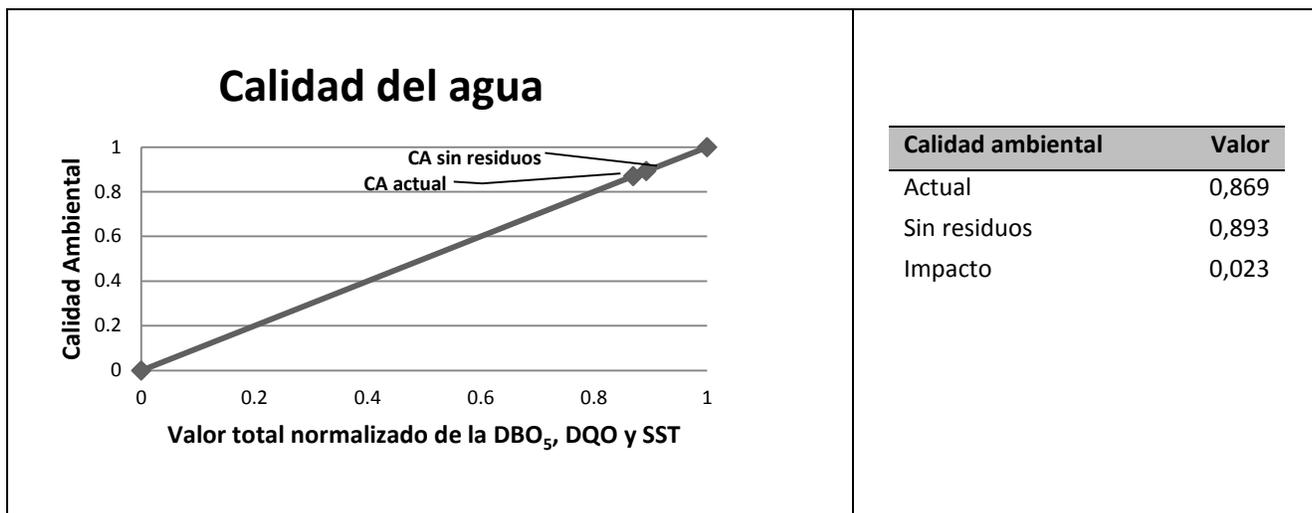


Figura 7-11. Calidad ambiental del elemento agua.

La acción causante de este impacto es: Disposición final inadecuada de residuos sólidos urbanos y disposición final inadecuada de contenedores de agroquímicos.

#### 7.4.4 Vegetación

Otro de los elementos ambientales que puede verse afectado por la acumulación de residuos es la vegetación, debido a la disposición de plásticos y de madera que se almacena en las zonas denominadas “El Playón” y “La Selvita”, la acción se realiza como medida de limpieza del río. En la zona denominada “El Playón” la vegetación es Bosque Tropical Subcaducifolio y actualmente sólo se depositan residuos plásticos, en el caso de “La Selvita” el tipo de vegetación es Selva Mediana Subperennifolia y allí se depositan los residuos de madera. Este impacto se agrava cuando los residuos de madera se secan y se incendian, como ya se ha reportado que sucede.

Los impactos posibles en la vegetación son el peligro de incendios y la amenaza a la sobrevivencia de la vegetación, para evaluar este elemento ambiental se definieron cuatro zonas, la primera denominada “El Playón” y las otras tres como “Selvita 1, Selvita 2 y Selvita 3”. Después del recorrido de reconocimiento y del análisis en el que se contó con el apoyo de algunos especialistas, la determinación fue la siguiente.

El tipo de vegetación de la zona denominada El Playón, es Bosque Tropical Subcaducifolio, influenciada por la humedad que aporta su proximidad al río.

En las tres zonas denominadas como “La Selvita” el tipo de vegetación es Selva Mediana Subperennifolia. A la humedad aportada por su proximidad al río se suma la que es suministrada por la condensación y filtración de los paredones del Cañón, así como por la sombra que estos mismos otorgan. Actualmente no se aprecian daños físicos en el arbolado adulto pero posiblemente se estén gestando daños en las partes basales de los troncos y raíces gruesas, por la poca ventilación del área basal y el incremento de temperatura y humedad, al mismo tiempo se ha cancelado la regeneración de la vegetación y la emergencia de los componentes de los

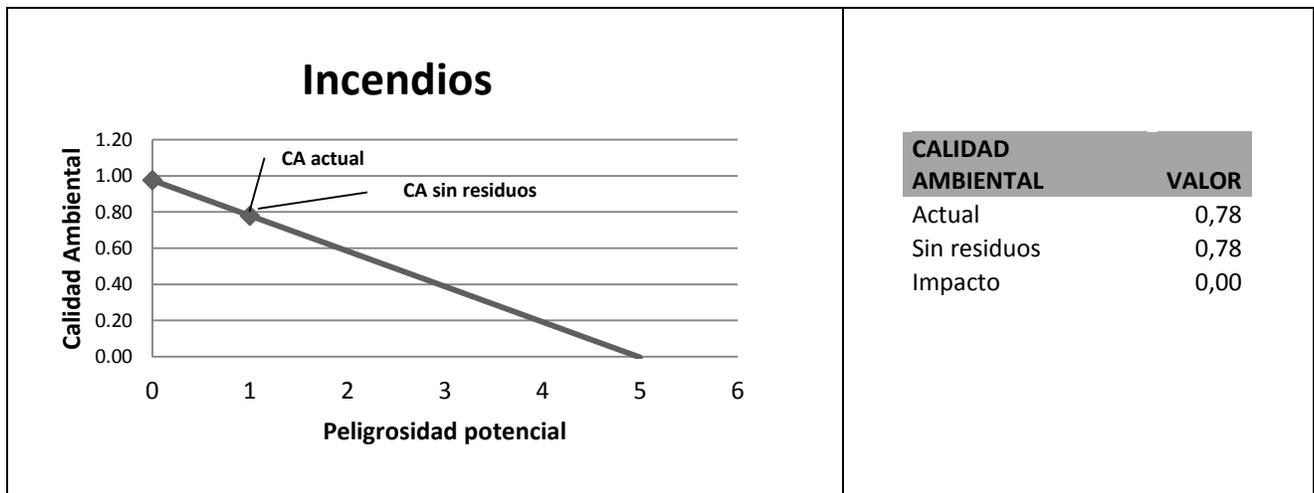
estratos bajos. Sin embargo, la presencia de plántulas alrededor de la madera, se reafirma que actualmente no hay daños en la regeneración aledaña al lugar.

Se evaluó la vegetación con respecto al peligro potencial de incendios de acuerdo a lo propuesto por Gómez, 2002. Los resultados pueden observarse en el cuadro 7-9 y la figura 7-12.

Con base en la evaluación de los expertos, las zonas de las Selvitas tienen una puntuación de 1, que significa un **valor bajo de incendios**. Es pertinente mencionar que no se evaluó la zona de El Playón porque ya no se disponen allí residuos de madera, sin embargo, si la zona de El Playón se vuelve a usar como SDF para madera, su impacto sería a nivel de 3 por el cruce de valores, correspondiendo un valor alto de incendios.

**Cuadro 7-9. Peligrosidad potencial de incendios en la vegetación.**

PELIGROSIDAD POTENCIAL CON PROYECTO/ACCIÓN	PELIGROSIDAD POTENCIAL SIN PROYECTO/ACCIÓN				
	Muy bajo	Bajo	Moderado	Alto	Muy Alto
Muy bajo	1	1	0	0	0
Bajo	1	1	0	0	0
Moderado	3	2	1	0	0
Alto	5	4	3	1	1
Muy Alto	5	5	4	2	1



**Figura 7-12. Calidad ambiental del elemento Vegetación.**

La acción que genera este impacto es la disposición de residuos de madera en el margen del Río Grijalva como parte del programa de limpieza integral del Río.

## Fauna

La fauna es un componente ambiental importante que puede verse afectado directamente por la contaminación del río, así como por la ingesta de residuos, entre ellos los plásticos. La fauna que puede verse afectada principalmente consiste en: peces, reptiles (como el cocodrilo de río) y aves.

### 7.4.5 Aves

El PNCS está considerado como un área de importancia para la conservación de aves. El único caso de afectación por residuos que se encontró fue en el 2008, referido como muerte masiva de zopilotes, alrededor de 80 ejemplares en la zona de El Tapón (donde se acumulan los residuos). Se desconoce la causa de la muerte de estos zopilotes, sólo que sucedió en la zona donde se acumulan los residuos. Como son animales carroñeros pudieron haber consumido algún animal envenado que traía el río. Aparte de este caso no se ha visto o reportado otro incidente en alguna otra zona o en alguna otra especie de ave.

La evaluación de aves se realizó conforme a la relación del número de especies por cada 1000 individuos, de acuerdo a lo propuesto por Gómez, 2002. Los datos que se utilizaron para la relación se tomaron de un estudio realizado en el 2010 y publicado en el 2011, en el que se encontraron 86 especies en 642 individuos (CONANP, 2011), por lo que su proporción es 133.95 especies por cada 1000 individuos, esto conlleva el que la calidad ambiental del PNCS es de 1 porque el número de especies por cada 1000 habitantes es mayor a 10. Los resultados pueden observarse en la figura 7-13. Es pertinente comentar que gracias al estudio citado se tiene registrado un total de 224 especies, mientras que al 2007 y 2009 se tenía un registro de 195 y 217, respectivamente.

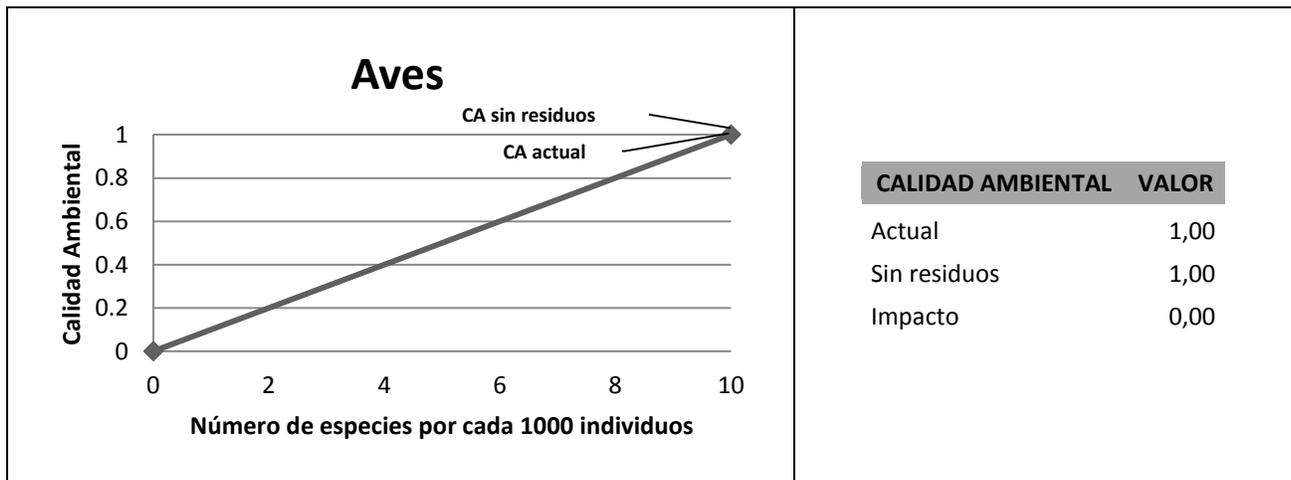


Figura 7-13. Calidad ambiental del elemento Aves

La acción que genera este impacto es: contaminación del agua por derrame accidental del contenido tóxico de recipientes o envases debido a la disposición inadecuada de los residuos sólidos urbanos y contenedores de agroquímicos.

#### 7.4.6 Cocodrilo de río

El cocodrilo de río (*Crocodylus acutus*) es tal vez la especie más estudiada o monitoreada en el PNCS, tal es así que se reporta un estudio de su historia natural que abarca de 1993 a 2003, además, actualmente continúa vigente el monitoreo de esta especie.

La población del cocodrilo de río en el PNCS ha ido en crecimiento, a pesar de los cambios sufridos por el ecosistema acuático a causa de la presa Chicoasén. Se asume que la población se adaptó a todos los cambios en su hábitat de manera paulatina. No obstante que, de 1992 a 1993 sólo un nido producía crías, una visita rápida efectuada en 2009 para inspeccionar zonas de anidación reveló la presencia de por lo menos 10 nidos activos para esa temporada. Acciones para su conservación, entre ellas la liberación de 293 cocodrilos durante el período 1995 a 2003, así como la ausencia de su depredador natural que era el jaguar (el último avistamiento de un jaguar en el sitio fue a mediados de la década de los 80 del siglo pasado), han ayudado al crecimiento poblacional de esta especie (Sigler, 2010).

De 1995 a 1996 se encontraron 39 ejemplares (sin incluir neonatos ni ejemplares liberados por el ZOOMAT), en 1998 se encontraron 38 ejemplares y 42 ejemplares en 2001. Para 2006 y 2007 se contabilizó un total de 217 ejemplares mayores a 60cm de longitud incluyendo también los ejemplares liberados por el ZOOMAT. Esto demuestra el crecimiento poblacional de esta especie dentro del PNCS (Figura 7-14). Por otro lado, para el 2001, la proporción en el recorrido nocturno de 15km fue de 2.8 ind/km (Sigler, 2010) y para el ciclo 2006/2007 se tuvo una proporción de 1.3 ind/km hasta 3.9 ind/km, por lo que el promedio de esta temporada fue de 2.71 cocodrilos por kilómetro. La IUCN indica que si se presentan de 0-2 ind/km la población es considerada como baja, si se observan de 2-10 ind/km se le considera media o moderada y de 10 ind/km en adelante como alta. En consecuencia, la población en comento se encuentra en una situación media o moderada (Laso).

Sigler cita el caso de un cocodrilo juvenil de 80 cm de longitud encontrado muerto, cuyo estómago tenía un pedazo de tela y varios insectos voladores y acuáticos (Sigler, 2010). En otro cocodrilo, al practicarle un lavado gástrico, se encontraron peces, plumas de aves pequeñas y una tapa-rosca de plástico. Una zona que tenía de manera permanente los residuos, fue utilizada como hábitat; por otra parte, no se han registrado muertes masivas de cocodrilos por la ingesta de agua contaminada o consumo de residuos. Estos son los únicos registros que se tiene sobre la relación entre los cocodrilos y los residuos sólidos. Esta información y la experiencia del personal calificado que ha trabajado en esta zona han sido determinantes para considerar que el efecto de los residuos en los cocodrilos ha sido poco significativo.

La mortandad de los cocodrilos obedece a causas naturales y relacionadas con el hombre, las actividades humanas que amenazan a esta especie dentro del PNCS son: cacería, pesca incidental en redes de trasmallo y campamentos ubicados en los sitios de anidación (Sigler, 2010).

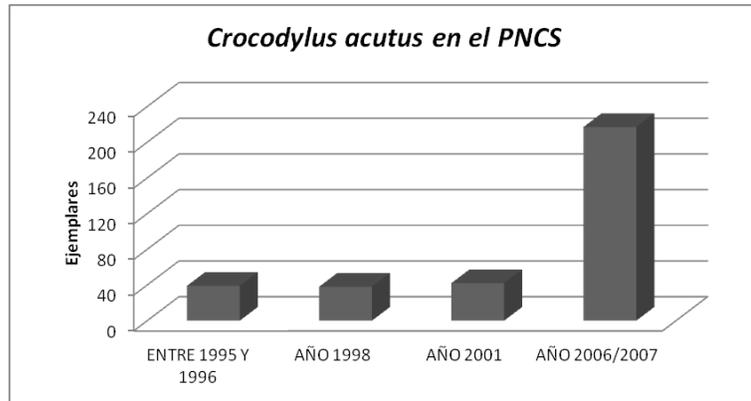


Figura 7-14. Densidad poblacional de *Crocodylus acutus* en el PNCS entre 1995 y 2007 (Sigler, 2010).

Para estimar el impacto causado por los residuos sólidos en la población de cocodrilos, se empleó el índice propuesto por Gómez, 2002 modificado y ajustado a las condiciones de esta especie, en el que se consideró: la importancia de la categoría de protección, la densidad, estatus en condiciones sin residuos y el posible riesgo por algún derrame accidental en algún contenedor de residuos (Gómez, 2002). El impacto hacia esta especie es prácticamente nulo, los resultados pueden observarse en la figura 7-15.

$$I = \left( 1 - \left( \frac{\text{Importancia} * \text{Densidad} * \text{Estatus} * \text{Riesgo con residuos}}{\text{Importancia} * \text{Densidad} * \text{Estatus} * \text{Riesgo sin residuos}} \right) \right) * 100$$

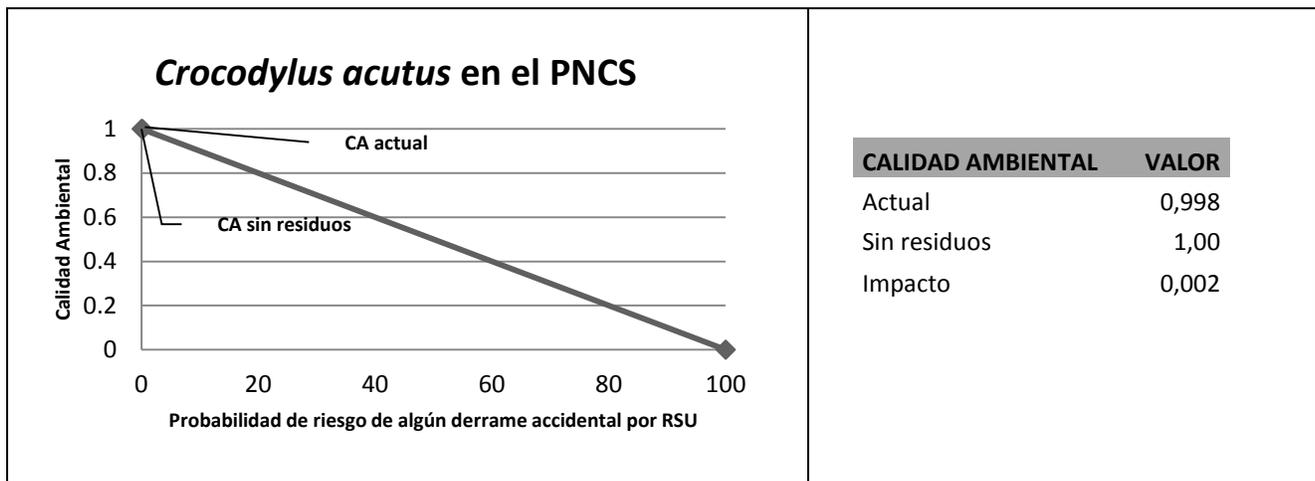


Figura 7-15. Calidad ambiental del elemento Cocodrilo (*Crocodylus acutus*).

La acción que genera este impacto es: contaminación del agua por derrame accidental del contenido tóxico de recipientes o envases a causa de la disposición inadecuada de los residuos sólidos urbanos y contenedores de agroquímicos.

#### 7.4.7 Peces

Con respecto a peces, hay un registro del año 2010 por parte de la CONANP sobre muerte masiva de alrededor de 100 ejemplares de macabiles (*Brycon guatemalensis*), a 300 m aguas abajo de donde desemboca el Río Sabinal, sitio alejado de la zona denominada “El Tapón”, que es donde se acumulan los residuos en el PNCS. Sin embargo, se desconoce el motivo y no existe evidencia de que la causa de muerte esté relacionada con los residuos sólidos, por alguna sustancia contenida en los envases de plástico o por algún contaminante específico proveniente del Río Sabinal.

También se entrevistó a dos biólogos especialistas que han trabajado en esta zona del PNCS, quienes no consideran que existan impactos hacia los peces debido al desplazamiento y hábitos que presentan.

La evaluación de peces se realizó conforme a la relación del número de especies por cada 1000 individuos, índice propuesto por Gómez (2002). Los datos que se utilizaron para la relación fue un estudio realizado en el período de agosto de 2007 a julio del 2009, en el que se reportaron 23 especies en 1412 individuos (López, 2010), por lo que su proporción es 16.29 especies por cada 1000 individuos, esto significa que la calidad ambiental del PNCS es de 1 porque el número de especies por cada 1000 individuos es mayor a 10. Es pertinente mencionar que el estudio citado tiene registrado un total de 23 especies y representa el primer listado de peces para esta ANP.

Sin embargo, es importante destacar que la distribución de los peces a lo largo del PNCS tiene un nivel de significancia, debido a que las siguientes especies: *Profundulus labialis*, *Profundulus punctatus*, *Rhamdia guatemalensis* y *Paranectroplus regani*, presentan una distribución restringida y se distribuyen exclusivamente en la zona denominada El Tapón (donde se acumulan los residuos), situación que puede poner en peligro la supervivencia de estas especies en el PNCS en el caso de derrame accidental de algún recipiente o envase de agroquímico u otro material que pueda contaminar el agua y de esta forma afectar a la población de estas especies, en particular *Rhamdia guatemalensis*, que tiene la categoría de sujeta a protección especial y es una especie endémica. Es importante destacar que estas especies no solo se distribuyen en el PNCS sino en la cuenca.

La evaluación del impacto en los peces se realizó conforme al índice propuesto por Gómez (2002) y modificado/ajustado a la situación de los peces en el PNCS. Consiste en el *número de especies protegidas en relación a las condiciones naturales y ponderadas según la importancia de la categoría de protección, densidad, estatus y riesgo por algún derrame accidental por RSU*. Los resultados pueden observarse en la figura 7-16.

$$I = \left( 1 - \left( \frac{\sum(1 a n) \text{ Importancia} * \text{Densidad} * \text{Estatus} * \text{Riesgo con residuos}}{\sum(1 a n) \text{ Importancia} * \text{Densidad} * \text{Estatus} * \text{Riesgo sin residuos}} \right) \right) * 100$$

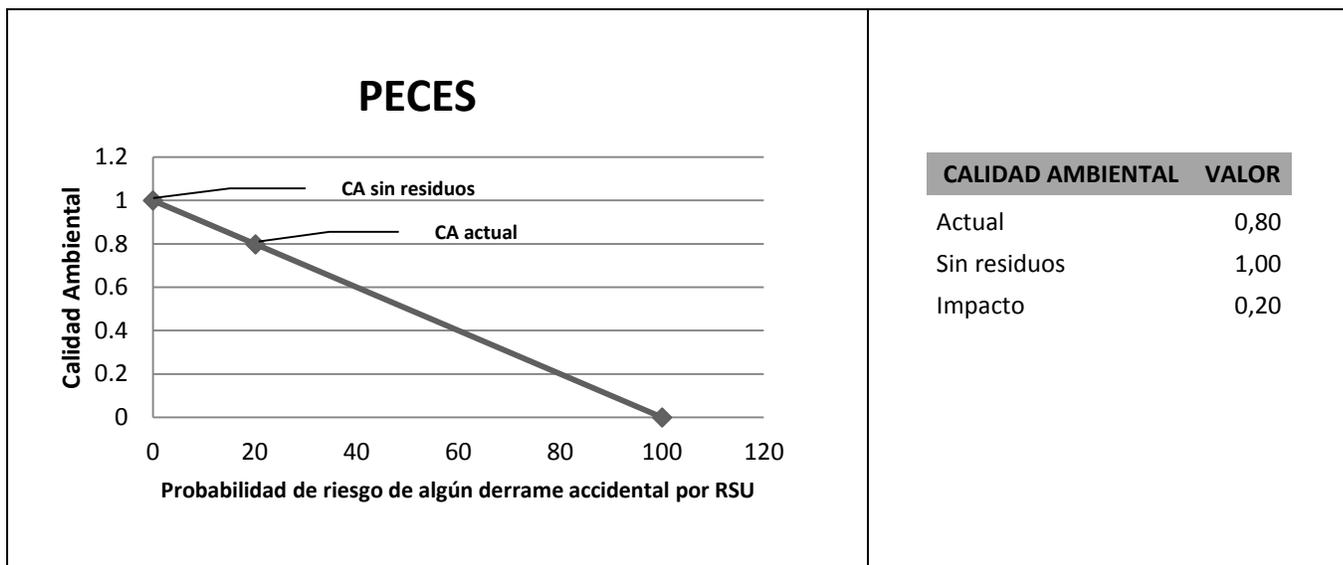


Figura 7-16. Calidad ambiental del elemento Peces.

La acción que genera este impacto es: contaminación del agua por derrame accidental del contenido tóxico de recipientes o envases a causa de la disposición inadecuada de los residuos sólidos urbanos y contenedores de agroquímicos.

#### 7.4.8 Pesca

La pesca es una de las actividades que se realizan en el PNCS, algunos pescadores entrevistados comentaron que sí se han visto afectados por los residuos, debido a que se dañan sus mallas de pesca cuando llegan las “balsas” o “natas”, nombres con los que designa a los cúmulos de residuos de madera que acarrea el río. La relación de afectación, como ejemplo, es la siguiente: si al mes ponen 25 mallas, se dañan 10. Las mallas no sólo se dañan por los residuos sino también por los agujeros que les hacen los cocodrilos, de hecho sostienen que es más el perjuicio por los cocodrilos que por los residuos.

Con la intención de conocer en qué prioridad consideran que están los perjuicios causados por los residuos, se les solicitó a los pescadores hacer una lista mostrando el orden de prelación de los problemas que enfrentan en su actividad, y el orden se observa en el cuadro 7-10.

La evaluación se realizó con base en la información obtenida utilizando el número de mallas afectadas como función de transformación, donde corresponde a 0 (cero) mallas dañadas el valor 1 y a 150 mallas dañadas el valor 0 (cero). El resultado puede observarse en la figura 7-17.

Cuadro 7-10. Impactos en la pesca

Num.	Impactos a la pesca	Importancia	Valor	Mallas afectadas como función de transformación
1	La mayor afectación se debe a los patos porque se comen los alevines.	1	0.53	80.00
2	Presencia del pez diablo en el río/embalse ya que se come la hueva y algunos alevines.	0.5	0.27	40.00
3	La presencia de pescadores piratas o furtivos.	0.25	0.13	20.00
4	Los residuos sólidos/Cocodrilos			
	a) Cocodrilos	0.125	0.04	6.00
	b) Residuos sólidos		0.03	4.00
<b>TOTAL</b>		<b>1.875</b>	<b>1</b>	<b>150.00</b>

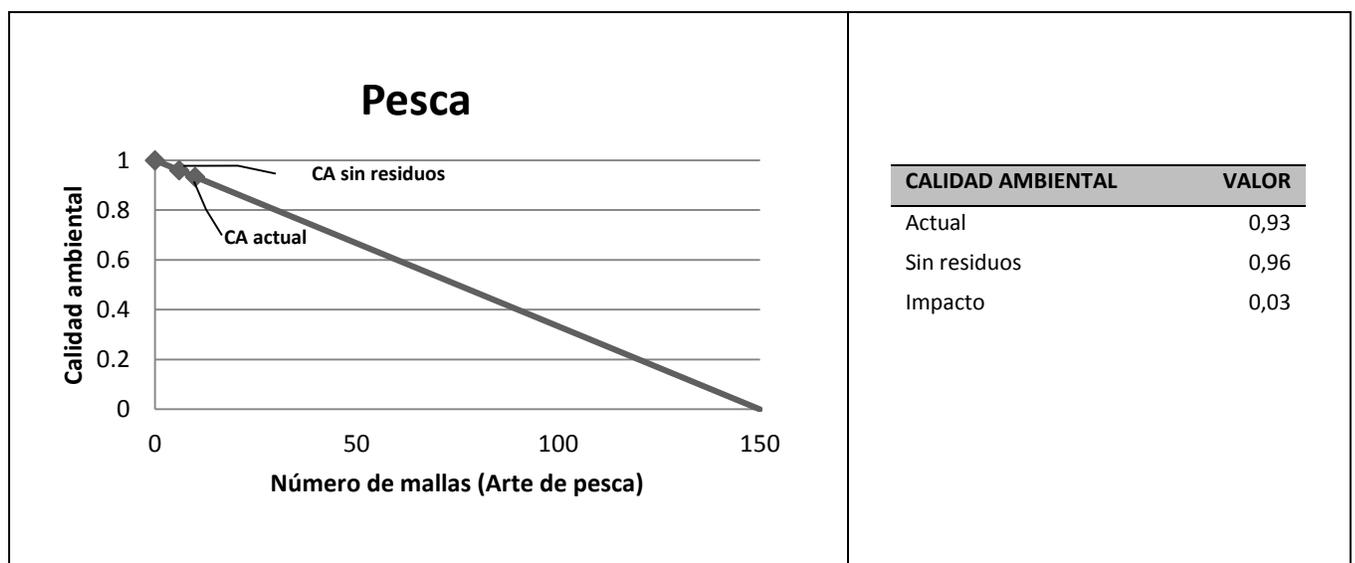


Figura 7-17. Calidad ambiental del elemento Pesca

Las acciones que generan este impacto son: disposición inadecuada de los residuos sólidos urbanos, de contenedores de agroquímicos y el cambio de uso de suelo.

#### 7.4.9 Generación de energía eléctrica en la central hidroeléctrica Manuel Moreno Torres “Chicoasén”

Las afectaciones que recibe la Comisión Federal de Electricidad (CFE) se reducen a dos aspectos que se detallan a continuación.

La Central Hidroeléctrica Chicoasén genera la electricidad a través del paso del agua por las turbinas. Se dispone de rejillas previo a las turbinas para impedir el paso de material indeseable, sin embargo, la madera completamente húmeda se vuelve más pesada y llega a hundirse; no obstante que se tienen las rejillas, las atraviesa y se atorán en los álabes de la turbina con el riesgo de fracturarlas. Se tiene registro de tres ocasiones

en las que se ha atorado la madera en los álabes y de que ha sufrido una fractura, situación que obliga a parar la generación de energía eléctrica para el mantenimiento del equipo.

La segunda afectación es en el sistema de enfriamiento de las chumaceras de las turbinas. El filtro para el flujo de agua que conduce al sistema de enfriamiento se llega a obstruir por los plásticos, específicamente por las tapas y tapa-rosclas, disminuyendo el flujo de agua, provocando calentamiento y, como consecuencia, un paro del sistema. Esto significa aumentar el número de mantenimientos, si se tiene programado hacer un mantenimiento cada tres meses, debido a esta problemática se realiza cada mes en la época de lluvias (mayo a octubre). En la figura 7-18 se observan evidencias de este impacto y en el cuadro 7-11 los costos de efectuar un mantenimiento.



Figura 7-18. Obstrucción por tapa-rosclas hacia el filtro del sistema de enfriamiento de las turbinas de la CH Chicoasén.

Cuadro 7-11. Pérdida económica al no generar energía eléctrica como consecuencia de realizar mantenimientos imprevistos en el sistema de enfriamiento debido a la obstrucción causada por residuos plásticos.

CARACTERÍSTICA	VALOR	CARACTERÍSTICA	VALOR
Días parados por mantenimiento	1	Pérdida económica por mantenimiento	\$ 2,825,280.00 <sup>b</sup>
Factor de planta promedio Chicoasén	26.16	Mantenimientos imprevistos al año	32
Producción	300 MW/h	Pérdida en generación de energía eléctrica anual	60272.64 MW
Costo de producción	\$1500.00 MW	Pérdida económica anual	\$ 90,408,960.00
Pérdida en generación de energía eléctrica por mantenimiento	1883.52 MW <sup>a</sup>		

**Fuente:** (J.E. Hernández, entrevista personal, 31 de Octubre de 2013). (<sup>a</sup> =Días parados por factor de planta promedio por producción y <sup>b</sup> =Pérdida en generación eléctrica por costo de producción.)

El factor de planta de una central hidroeléctrica, es la razón que existe entre la energía real generada durante un año (potencia media) y la energía generada si hubiera trabajado a plena carga (capacidad instalada) (García y Nava, 2014). En los últimos diez años se ha estimado para la CH Chicoasén un factor de planta promedio de 26.16. El año con el factor más alto registrado fue 2011, con 38.79, y el año con el factor más bajo fue 2007, con 16.07; se hace referencia a este año debido a la contingencia por el derrumbe del cerro en Juan de Grijalva que ocasionó una represa natural por lo que tuvieron que mantener la CH Chicoasén en muy baja generación para poder dar respuesta a la contingencia. El año 2013 operó con un factor de planta de 24.64 y es el que se tomó como referencia para el presente estudio de impacto ambiental con base en los datos que proporcionó CFE y que se puede visualizar en la figura 7-19.

El impacto por residuos sólidos se estimó de la siguiente manera: en la función de transformación se tomaron los factores de planta de CH Chicoasén, un valor de 16.07 como mínimo y un valor de 40 como máximo, con base en la entrevista citada. Posteriormente sólo se tomaron los valores con la producción 2013 y se estimó la producción si no hubiera mantenimientos.

$$I = \text{Producción 2013 sin residuos} - \text{producción 2013 con residuos}$$

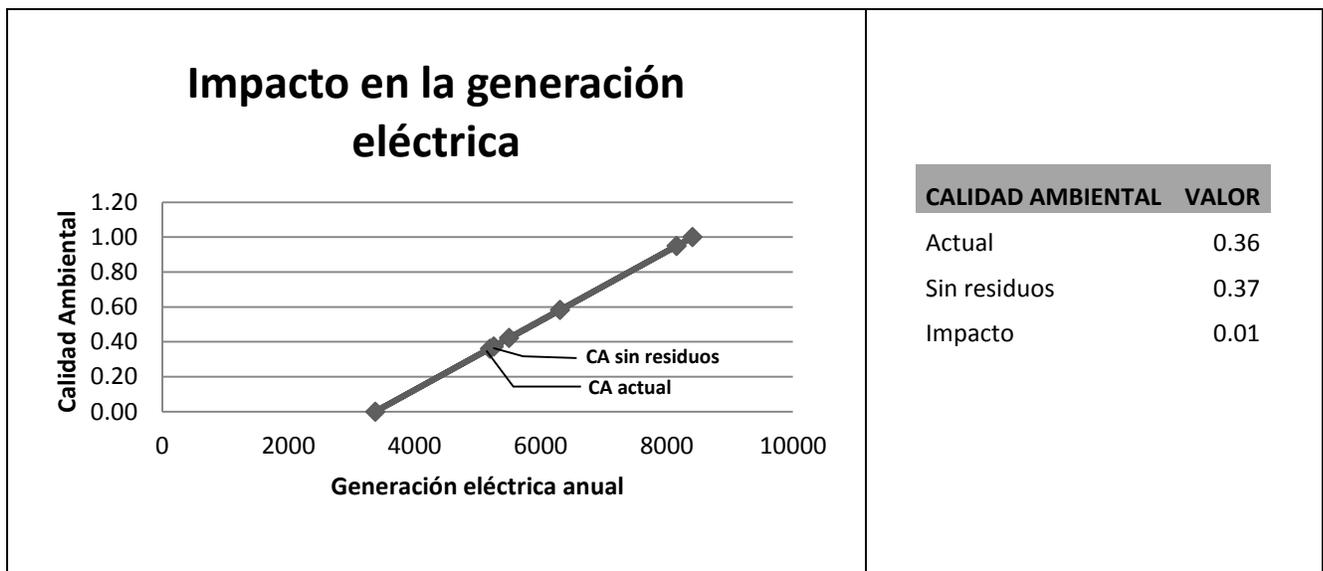


Figura 7-19. Calidad ambiental del elemento Generación de energía eléctrica.

No obstante que la pérdida económica al no generar energía eléctrica a causa de los mantenimientos asciende a más de 90 millones de pesos anuales, realmente la magnitud del impacto en la producción de energía eléctrica es mínima, por ejemplo; para el año 2013 se generó un total de 5195 GW, sumando los 60.27 GW que se pierden por los mantenimientos imprevistos, para ese año hubiera sido de 5255.27 GW, por lo que se observa que el valor del impacto es de 0.03 con respecto a la gráfica.

La acción que genera este impacto es: Disposición inadecuada de los residuos sólidos urbanos.

#### 7.4.10. Empleo

El impacto positivo causado por la acumulación de residuos en el río es en la generación de empleos, puesto que debido a la denominada contingencia es necesario contratar mano de obra para su limpieza. Para ello, la CONANP mantiene un programa anual denominado “Programa integral de limpieza y conservación del Río Grijalva” para el cual se contratan alrededor de 100 personas a través de subsidios federales como parte del “Programa de empleo temporal”. Es pertinente destacar que dependiendo del año y la contingencia que se presente, el número de empleados puede aumentar por el apoyo o contratación que realizan otras instituciones u organizaciones.

Haciendo un análisis de este impacto positivo, se utilizó el número de empleados contratados por medio del Programa de Empleo Temporal a través de la CONANP en los municipios de Chiapa de Corzo y Osumacinta para el año 2013, debido a que de esos municipios son las personas contratadas, y se consultaron los datos de empleo que reporta el INEGI.

Es importante considerar que el trabajo disponible es temporal, por lo que no es un trabajo durante todo el año, no hay seguridad de contratación para el siguiente, y no se ofrecen prestaciones (seguro médico, vacaciones, etc.).

Se evaluó el empleo de acuerdo al índice propuesto por Gómez (2002) que se presenta a continuación.

$$I = \frac{\text{Empleo neto generado por el proyecto}}{\text{Número total de parados en el ámbito de referencia}} \times 100$$

Cómo se benefician dos municipios se realizó un promedio del impacto de estos dos municipios. Del año 2004 a la fecha se ejecutan 2 Programas de Empleo Temporal por año, excepto en 2004 en el que se operó solo un programa PET. Para hacer la evaluación se consideró el escenario “con residuos” con los dos proyectos PET y el escenario “sin residuos” se tomó en cuenta operando únicamente un proyecto, debido a que aún se mantendría la limpieza del río por los residuos que de forma “natural” es inevitable que arrastre el río. Los resultados se visualizan en la figura 7-20.

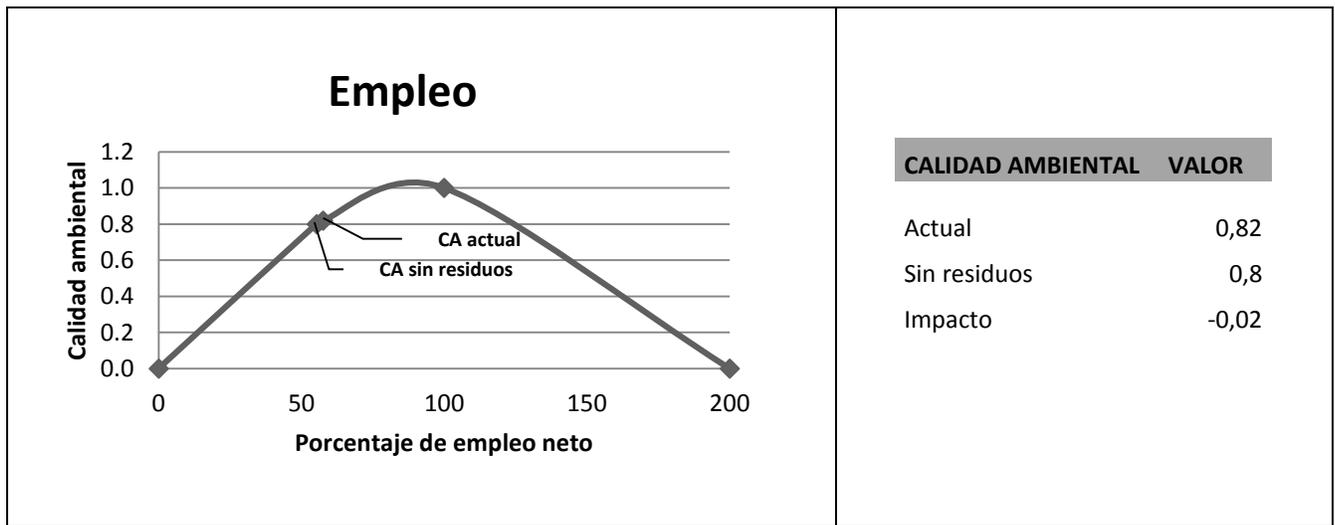


Figura 7-20. Calidad ambiental del elemento Empleo.

La acción que genera este impacto positivo es: Programa Integral de Limpieza del Río Grijalva.

### 7.4.11 Actividad turística

La actividad turística incluye visitantes locales, nacionales y extranjeros que vienen a maravillarse del majestuoso e impresionante paisaje que ofrece el Cañón del Sumidero, sin embargo, durante el recorrido acuático (dependiendo de la temporada del año) se pueden topar con grandes cúmulos de plástico y madera flotando. La impresión de los residuos en el agua se traduce en quejas de manera frecuente por parte de los visitantes, que con el apoyo de las cooperativas de lancheros se estima de la siguiente forma: en época de lluvias las quejas en promedio son 8 por cada 10 recorridos y en la temporada de estiaje es 3 por cada 10 recorridos. Debido a ello se asume una afectación en la actividad turística.

Sin embargo, a través del análisis de la afluencia turística anual del 2006 al 2013 (exceptuando el año 2010 porque se desconocen los datos) se ha visto una tendencia de aumento, concluyendo que la afectación en el momento se considera nula. Los datos reportados del 2004 hasta el 2007 no se tomaron en cuenta para el análisis debido a que no había un control estricto del acceso al PNCS, es por ello que el análisis considera los datos disponibles a partir del año 2008, sin tomar en cuenta el año 2010 por no existir datos.

A partir del año 2008 únicamente el 2009 presentó una disminución en la afluencia turística, de -0.56% (1763 visitantes), para este año se estima que por cuestiones de remodelación de la vía de acceso al Parque y por la pandemia de Influenza AH1N1 a nivel nacional disminuyó la actividad turística por presentarse dichos acontecimientos en las temporadas “altas”. Para los siguientes años la actividad turística ha sido superior, para el 2011, 2012 y 2013 representó un aumento del 23.14%, 10.77% y 36.29%, respectivamente al año de referencia, es decir; del 2009 hasta el 2013 ha habido un incremento promedio de 17.41% en la afluencia turística respecto al año 2008. En la figura 7-21 se puede ver el impacto hacia la actividad turística.

Otro dato que se muestra como análisis para sustentar este apartado pero no para la evaluación de impacto por inconsistencias en los datos, fue el promedio de cada tres años consecutivos, es decir del 2004 al 2006 fue el promedio antiguo, del 2007 al 2009 fue el promedio intermedio y del 2011 al 2013 correspondió al promedio actual, haciendo esta comparación, el promedio intermedio fue el más bajo, sin embargo, el promedio actual representó un 13.19% superior al promedio antiguo. Las gráficas se pueden visualizar en la figura 7-22.

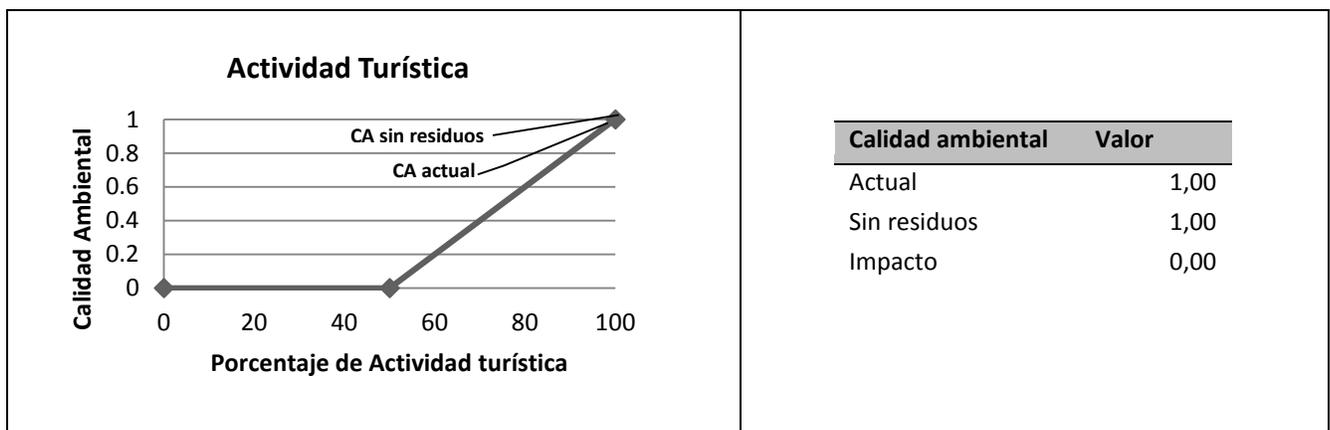
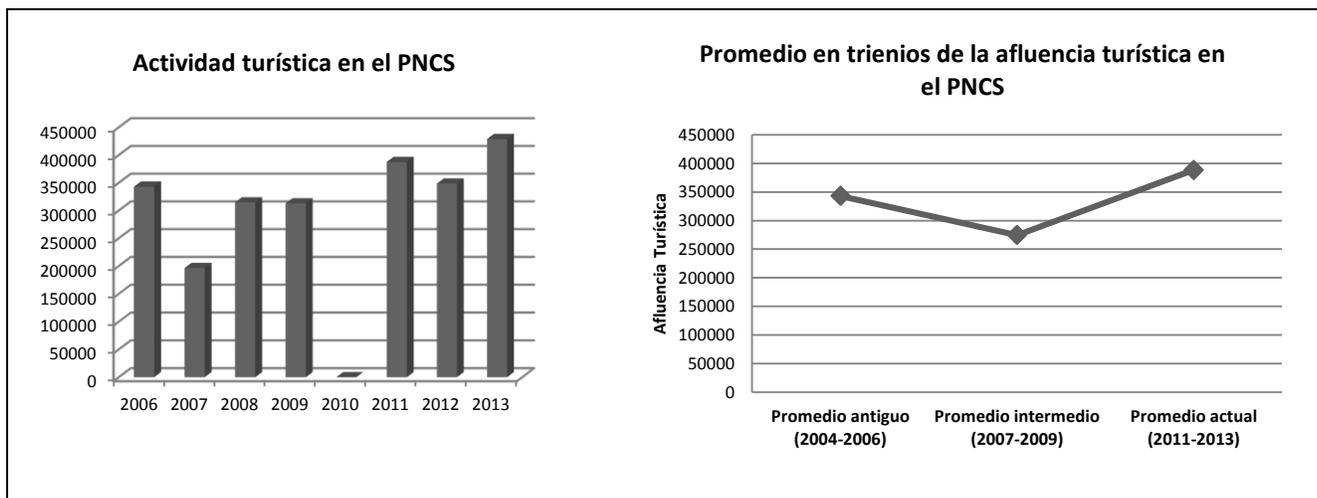


Figura 7-21. Calidad ambiental en el elemento Actividad turística.



**Figura 7-22. Actividad turística en el PNCS.**

**NOTA: 2004 al 2007:** No había un control estricto del acceso al PNCS, y el dato que se registra de afluencia turística para el año 2006 es el promedio anual de visitantes, registrado del año 2004-2006.

**2005, 2009 y 2010:** Años registrados con mayor intensidad por la acumulación de residuos.

**2005:** Se presentó el huracán Stan y ha sido el año que ha presentado mayor acumulación de residuos.

**2009:** El PNCS presentó obras de remodelación y construcción de la Calzada al Sumidero, que es la vía de acceso a la entrada de los miradores del PNCS lo que redujo significativamente la afluencia turística. Y en el verano el país se vio afectado por la pandemia de Influenza AH1N1, lo que también redujo de manera importante el número de visitantes.

**¿Por qué no ha afectado la afluencia turística el cambio de paisaje que genera los residuos sólidos? Para responder a esta pregunta se tienen dos hipótesis que se mencionan a continuación.**

La difusión turística a nivel nacional sobre el estado de Chiapas y de sus lugares turísticos, entre ellos principalmente el Cañón del Sumidero, ha sido impulsada desde el año 2006 hasta la actualidad, (televisión, cines, panorámicos, etc) situación que ha favorecido en la afluencia turística, esto se sustenta al documentar que el 51% de los visitantes que llegan al Parque Nacional son motivados por la televisión, jugando este medio la mejor fuente de difusión (CONANP).

A partir de las entrevistas realizadas a personal que opera las lanchas con objetivo turístico dentro del PNCS y a turistas que visitaron el sitio, se observó que la percepción del visitante al PNCS es atraída por la belleza del paisaje más que por los residuos, situación que favorece en la recomendación del sitio porque el 29% de los visitantes son motivados por la recomendación de familiares, amigos, personas que previamente visitaron el lugar e incluso por taxistas y habitantes de Tuxtla Gutiérrez (CONANP).

Aunque esta situación es favorable, podría serlo aún más y con un mayor impacto positivo, es por ello que en el apartado de medidas de mitigación se dan las recomendaciones para evitar un impacto negativo a largo plazo y generar una mejor imagen dentro del PNCS.

Un impacto económico que es pertinente subrayar es el paro de la navegación a causa de la gran acumulación de residuos, situación que tuvo lugar en el año 2005 por una semana, trayendo consecuencias económicas directas a las cooperativas turísticas. Se calcula que en ese año hubo una pérdida económica en una semana, de alrededor de \$ 921,111.40; esta pérdida corresponde en un 92.86% a las cooperativas de transporte turístico acuático y el 7.14% al impuesto federal "Cobro de derechos". Como se puede visualizar no se incluyó

la pérdida económica de hoteles, restaurantes y venta de artesanías que también dependen del turismo que arriba al Cañón del Sumidero. Actualmente la pérdida económica por día al cerrar la navegación es aproximadamente de \$200,01586, de este monto el 85.11% es directamente a las cooperativas turísticas de transporte acuático y el 14.89% es a la recaudación federal “Cobro de derechos”.

Las acciones que generan este impacto son: La disposición inadecuada de los residuos sólidos urbanos, de contenedores de agroquímicos y el cambio de uso de suelo.

#### 7.4.12 Seguridad

Respecto a la seguridad humana, se refiere si por causa de los residuos genera algún tipo de accidente o muerte dentro del PNCS, se realizaron entrevistas claves al personal de la CONANP y a las cooperativas turísticas, que son las entidades que podrían tener mayor información sobre el tema, sin embargo, los accidentes en el sitio por causa de los residuos realmente han sido mínimos o insignificantes, se pueden citar al menos 2 accidentes en un transcurso de 5 años, sin que haya existido alguna persona fallecida.

El primer accidente fue hace 5 años, cuando las lanchas trabajaban con timón de maneral; ocurría cuando la hélice atrapaba un residuo de plástico, el lanchero se caía al agua y quedaba encendida la lancha, anteriormente hubo varios accidentes, debido a ello se fue optando por el volante, porque ya no ocurrían esos accidentes, el último fue hace 5 años. El segundo accidente correspondió a uno de los turistas, que sacó el brazo de la lancha y sufrió una fisura al chocar con un tronco (residuos de madera). El impacto hacia este elemento se puede ver en la figura 7-23. La forma en cómo se realizó la evaluación respecto a la información obtenida fue la siguiente:

$$\% \text{ de importancia} = \frac{\# \text{ de personas que han sufrido algún accidente o fallecido en 5 años}}{\# \text{ total de visitantes de 2004 – 2009}} \times 100$$

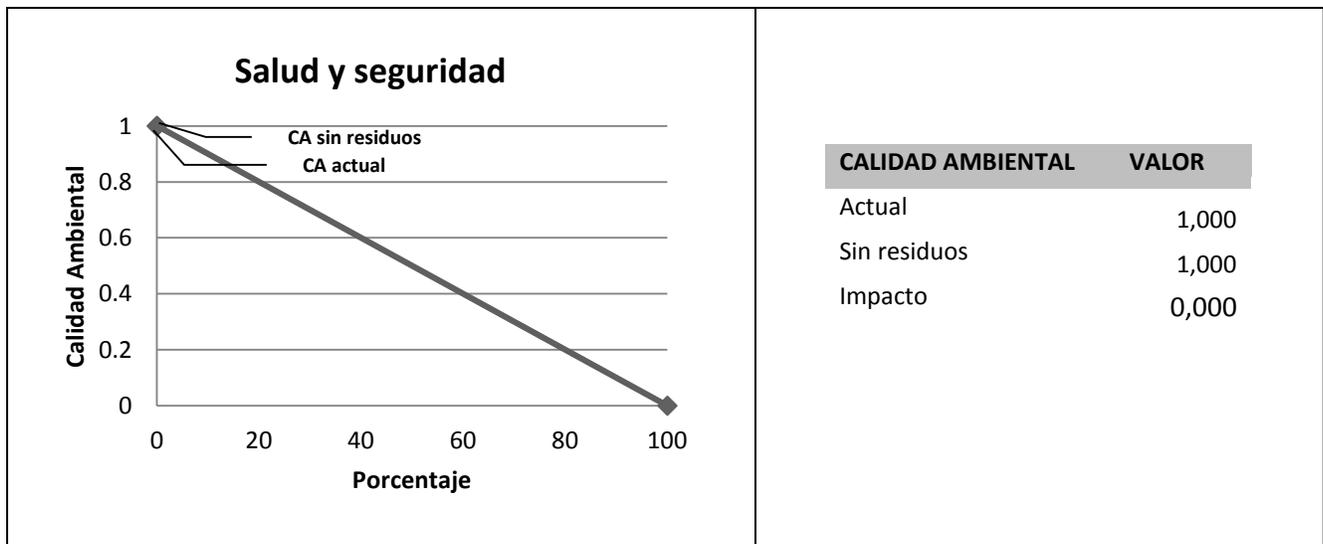


Figura 7-23. Calidad ambiental del elemento Salud y Seguridad

Las acciones que generan este impacto son: La disposición inadecuada de los residuos sólidos urbanos, de contenedores de agroquímicos y el cambio de uso de suelo.

## 7.5 Evaluación cualitativa de impacto ambiental

Como se mencionó anteriormente, en un estudio de impacto ambiental se puede realizar una evaluación cualitativa o una evaluación cuantitativa, en este caso se realizaron ambas evaluaciones como una parte complementaria y comparativa del análisis, en la sección anterior se analizó la evaluación cuantitativa, y a continuación se presentan los resultados de la evaluación cualitativa (Cuadro 7-12).

Cuadro 7-12. Evaluación cualitativa del impacto ambiental causado por los residuos sólidos en el PNCS.

ELEMENTO AMBIENTAL	CALIDAD AMBIENTAL ACTUAL	CALIDAD AMBIENTAL SIN RESIDUOS	PESO DEL FACTOR	ÍNDICE DEL IMPACTO ACTUAL	ÍNDICE DEL IMPACTO SIN RESIDUOS	JUICIO DE LOS IMPACTOS
Paisaje	0.438	1.000	19.972	8.738	19.972	Severo
Suelo	0.917	1.000	8.953	8.207	8.953	Compatible
Calidad del agua	0.729	1.000	16.529	12.052	16.529	Moderado
Selva Mediana subcaducifolia	0.917	1.000	9.917	9.091	9.917	Compatible
Aves	0.938	1.000	3.944	3.698	3.944	Compatible
Reptiles (Cocodrilo)	0.938	1.000	6.574	6.163	6.574	Compatible
Peces	0.938	1.000	6.837	6.410	6.837	Moderado
Pesca	0.896	1.000	3.349	3.000	3.349	Compatible
Generación de energía eléctrica	0.958	1.000	3.654	3.502	3.654	Compatible
Empleo temporal	0.875	1.000	3.349	2.931	3.349	Compatible
Actividad turística	0.813	1.000	7.003	5.690	7.003	Moderado
Salud y seguridad	0.958	1.000	9.917	9.504	9.917	Compatible
<b>CA TOTAL DEL PNCS</b>	<b>10.313</b>	<b>12.000</b>	<b>100.000</b>	<b>78.986</b>	<b>100.000</b>	<b>Moderado</b>

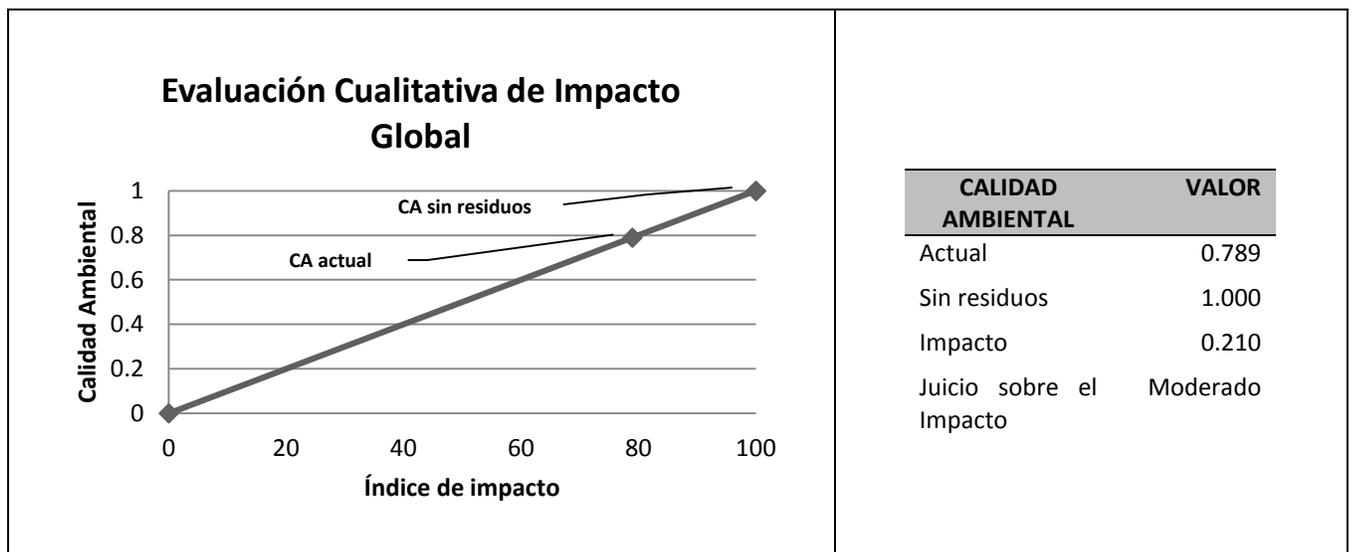


Figura 7-24. Calidad ambiental cualitativa global.

En ambas evaluaciones hubo una gran coincidencia de resultados, en especial en el **índice de impacto actual**, sin embargo la mayor diferencia recayó en el **índice de impacto sin residuos**, puesto que en la evaluación cuantitativa es de **92.651** y en la evaluación cualitativa fue de **100**. Los elementos que tienen mayor diferencia entre ambas evaluaciones son: *calidad de agua* y *actividad turística*, en estos elementos se puede notar la importancia de la evaluación cuantitativa, porque arroja un valor numérico del impacto real y el resultado es **mínimo y nulo** para *calidad de agua* y *actividad turística* respectivamente, al cambio en la evaluación cualitativa se infiere una **disminución significativa** en la calidad ambiental de estos elementos (Cuadro 7-12, 7-13 y 7-14).

Después de comentar estas diferencias es interesante mencionar que las dos nos arroja un impacto Moderado, por lo tanto para este ejercicio se expone que hubo una mayor **coincidencia que diferencia** entre la evaluación cualitativa y cuantitativa. Por lo que se concluye que la evaluación cualitativa es una forma de evaluar muy útil y bastante práctica, en la que puede ahorrarse tiempo y presupuesto, sin embargo es necesario que se realice con especialistas que conozcan del tema, de la situación, de la zona y la problemática. Sin embargo cuando se necesite una mayor precisión o dependiendo del tipo de envergadura de la obra o actividad si es necesario realizar una evaluación cuantitativa ya que hay una mayor precisión y confiabilidad de los datos.

**Cuadro 7-13. Evaluación cualitativa de impacto ambiental, en el escenario "Actual o con residuos" en el PNCS**

ELEMENTO	B/A	EXTENSIÓN				PERSISTEN.			ACUMULAC.		INTENSIDAD				REVERSIBILIDAD			RECUPERABILIDAD				MOMENTO		PERIODICID.			EFECTO		IMPORTANCIA	IMPORTANCIA NORMALIZADA							
	SIGNO	PUNTUAL	PARCIAL	EXTENSO	TOTAL	CRÍTICA	FLUJAZ	TEMPORAL	PERMANENTE	SIMPLE	ACUMULATIVO	SINÉRGICO	BAJA	MEDIA	ALTA	MUY ALTA	TOTAL	CORTO PLAZO	MEDIO PLAZO	LARGO PLAZO	IRREVERSIBLE	R. INMEDIATA	R. A MEDIO PLAZO	MITIGABLE	R. A LARGO PLAZO	IRRECUPERABLE	LARGO PLAZO	MEDIO PLAZO			INMEDIATO	CRÍTICO	APERIO. O DISCON.	PERIÓDICO	CONTINUO	DIRECTO	IND. SEC.
Paisaje	-		4					4		3						6				4			4									4	3			36	0.438
Suelo	-	1					2		1			1						2				2					2				1				1	13	0.917
Calidad del agua	-		2				2			3		1						1				1						8		1			3			22	0.729
Selva Mediana Subperennifolia	-	1					1					3	1						2			2				1				1					1	13	0.917
Aves	-	1					1		1			1					1					2				1				1			2			12	0.938
Reptiles (Cocodrilo)	-	1					1		1			1					1					2				2				1			2			12	0.938
Peces	-	1					1		1			1					1					2				2				1			2			12	0.938
Pesca	-	1					2		1			1					1					1				2				2		3			14	0.896	
Generación de energía eléctrica	-	1					1		1			1					1								1				1			3			11	0.958	
Empleo temporal	+	1					2		1			1				1					1						4			2			2		15	0.875	
Act. Turística	-	1					2		1			4					2					2				2			1			3			18	0.813	
Salud y seguridad	-	1					1		1			1				1									1				1			3			11	0.958	

**Cuadro 7-14. Evaluación cualitativa de impacto ambiental, en el escenario "Sin residuos" en el PNCS**

ELEMENTO	B/A	EXTENSIÓN					PERSISTEN.			ACUMULAC.		INTENSIDAD				REVERSIBILIDAD				RECUPERABILIDAD				MOMENTO			PERIODICID.			EFECTO		IMPORTANCIA	IMPORTANCIA NORMALIZADA				
		SIGNO	PUNTUAL	PARCIAL	EXTENSO	TOTAL	CRITICA	FUGAZ	TEMPORAL	PERMANENTE	SIMPLE	ACUMULATIVO	SINÉRGICO	BAJA	MEDIA	ALTA	MUY ALTA	TOTAL	CORTO PLAZO	MEDIO PLAZO	LARGO PLAZO	IRREVERSIBLE	R. INMEDIATA	R. A MEDIO PLAZO	MITIGABLE	R. A LARGO PLAZO	IRRECUPERABLE	LARGO PLAZO	MEDIO PLAZO	INMEDIATO	CRITICO			APERIÓ. O DISCON.	PERIÓDICO	CONTINUO	DIRECTO
Paisaje	-	1					1			1			1					1																	1	9	1
Suelo	-	1					1			1			1					1																	1	9	1
Calidad del agua	-	1					1			1			1					1																	1	9	1
Selva Mediana Subperennifolia	-	1					1			1			1					1																	1	9	1
Aves	-	1					1			1			1					1																	1	9	1
Reptiles	-	1					1			1			1					1																	1	9	1
Peces	-	1					1			1			1					1																	1	9	1
Pesca	-	1					1			1			1					1																	1	9	1
Generación de energía eléctrica	-	1					1			1			1					1																	1	9	1
Empleo temporal	+	1					1			1			1					1																	1	9	1
Act. Turística	-	1					1			1			1					1																	1	9	1
Salud y seguridad	-	1					1			1			1					1																	1	9	1

## 7.6 Muestreo en campo

Otra de las actividades realizadas fue el muestreo para la caracterización y análisis de la composición de los residuos sólidos que se acumulan en el Río Grijalva durante la temporada de lluvia, causando una contingencia ambiental. El muestreo consistió en retirar todo el material que se encontró en un área de 25 m<sup>2</sup>, como se describió previamente en la metodología. A continuación se describen los resultados obtenidos.

### 7.6.1 Composición general de los residuos sólidos en el río Grijalva

Un aspecto importante de los residuos que se encuentran dentro del área navegable del PNCS es que lo observable consiste exclusivamente en materiales que flotan y de lenta degradación, sin embargo, es lógico suponer que existen residuos que provienen de los sitios de disposición final, arrastrados por el escurrimiento en época de lluvias al Río Grijalva, como sólidos en todas sus formas (totales, suspendidos, disueltos y sedimentables).

En promedio se retiraron 1.033 toneladas de residuos sólidos en cada muestra realizada (Figura 7-25). En cuanto a composición en peso de los residuos, se obtuvieron los siguientes porcentajes: madera 97.31, plásticos 2.54 y 0.15 de subproductos generales (como vidrio, latas, entre otros), es decir, 97.31% de residuos orgánicos y 2.69% de residuos inorgánicos. En cuanto a volumen, el porcentaje es: madera 94.25, plástico 5.46 y 0,29 de subproductos generales, es decir, 94.25% de residuos orgánicos y 5.75% de residuos inorgánicos (figuras 7-25 y 7-26).

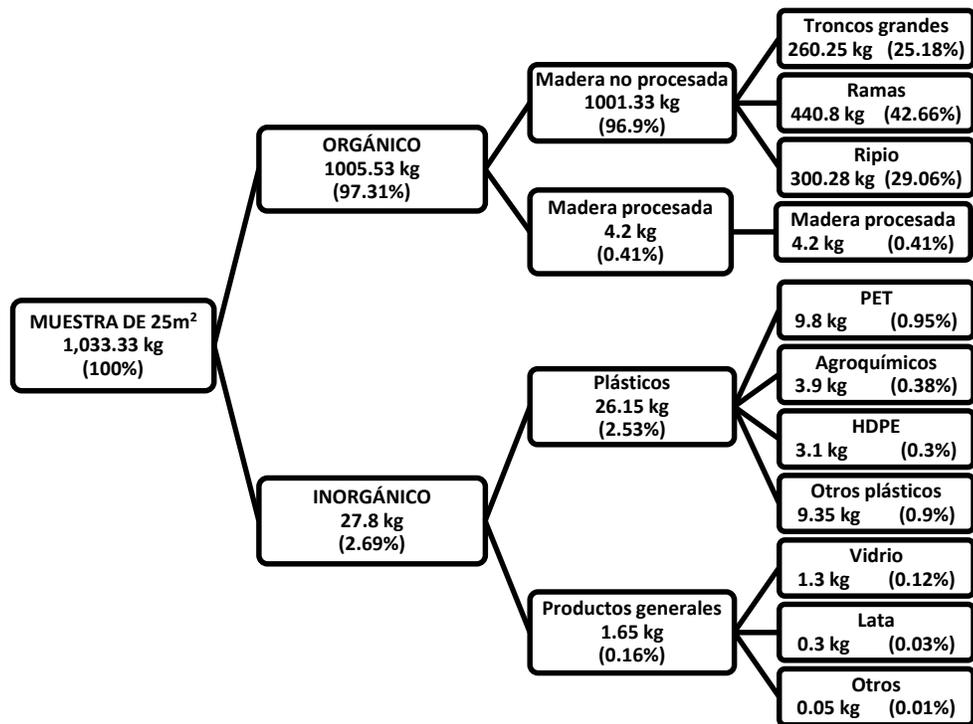


Figura 7-25. Cantidad y tipo de residuos sólidos encontrados en el Río Grijalva durante la campaña de muestreo

Fuente: Elaboración propia a partir de los muestreo en campo

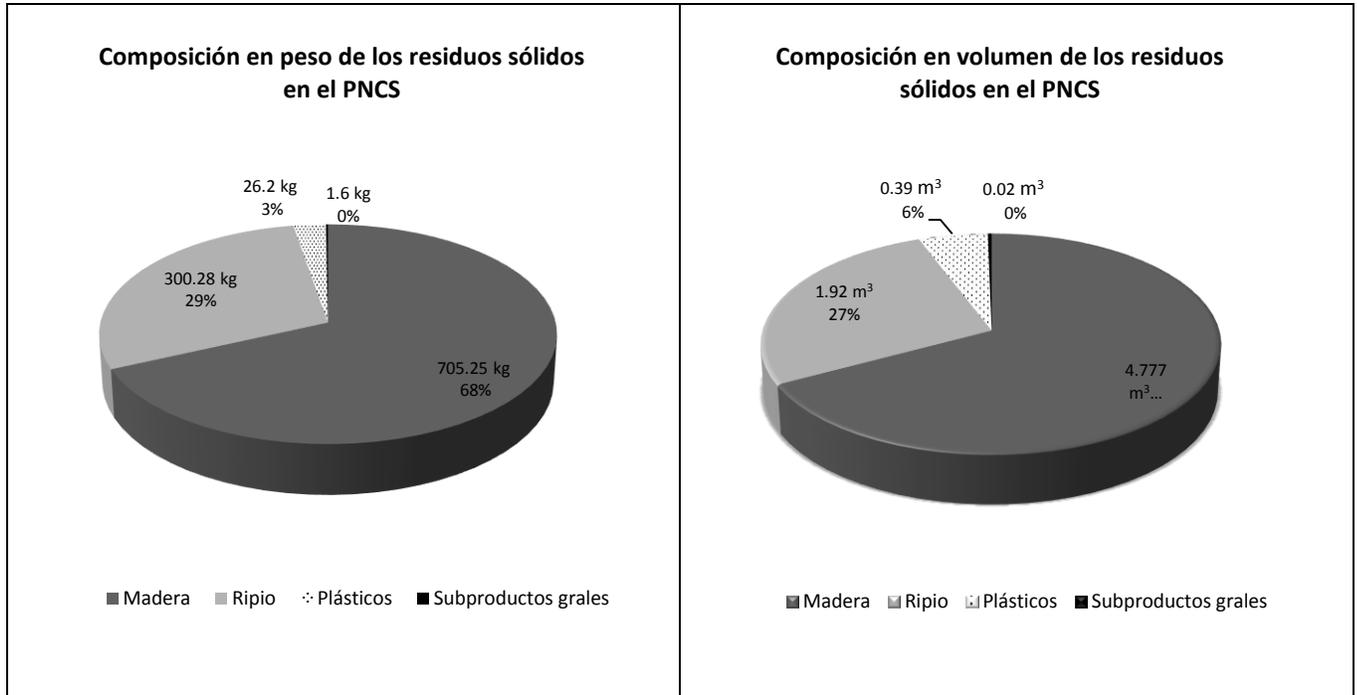


Figura 7-26 Composición en peso y en volumen de los residuos sólidos encontrados en el Río Grijalva dentro del PNCS

Fuente: Elaboración propia a partir de los muestreo en campo. **NOTA:** El ripio es rama o trozos de madera con un grosor menor a 1.5 cm de diámetro y menos de 1m de longitud.

## 7.6.2. Caracterización de la madera

Con respecto a la madera (97.31%), el residuo que ocupó el primer lugar en peso corresponde a los *troncos y ramas grandes* (67.84%), le sigue el *ripio* (29.06%), es decir, las ramas o trozos con un grosor menor a 1.5 cm de diámetro y menos de 1m de longitud, y finalmente la *madera procesada* (0.41%). El residuo consistente en troncos y ramas se clasificó en seis subgrupos, considerando las condiciones en que fueron encontrados.

### Residuos sólidos provenientes de los recursos forestales

Al clasificar la madera considerando las condiciones observadas en campo, se dividió en los subgrupos siguientes, que se muestran en la figura 7-27:

**Quemada:** Si presentaba indicios de quema o incendios. La que estaba en proceso de descomposición, talada o aserrada, pero presentaba señas de quema, también se incluyó en este rubro.

**Desraizada:** Si eran raíces o se veía que el tronco estaba desraizado.

**Tala de corte:** Si estaba talado, ya sea con machete o hacha.

**Aserrada:** Se clasificó a la madera que presentaba señas de haber sido aserrada.

**Descomposición:** Cuando presentaba señas de estar en proceso de descomposición.

**Ramas:** Cuando las ramas o troncos no cumplían con la clasificación anterior.

## Caracterización y composición de la madera

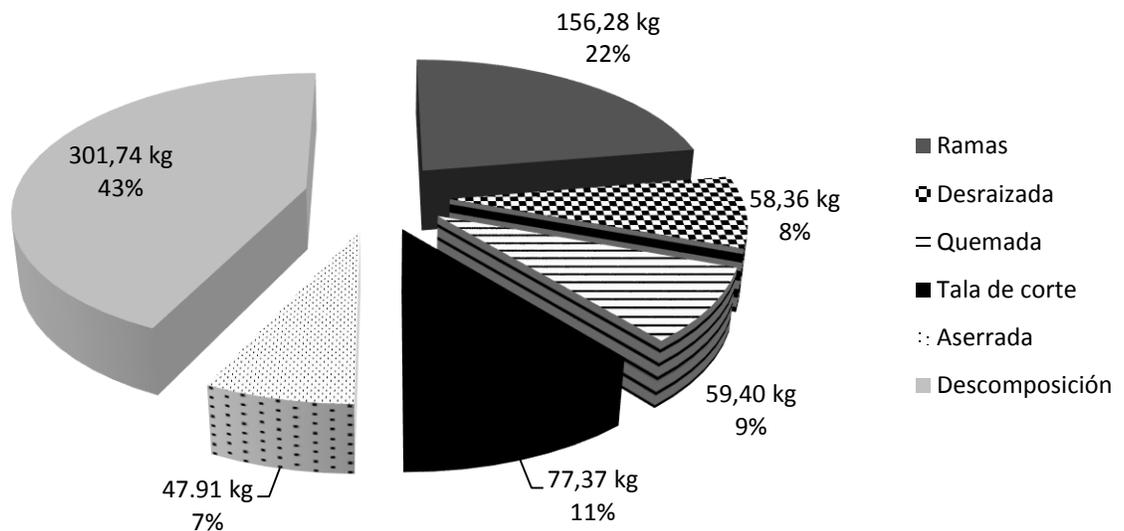


Figura 7-27 Caracterización de la madera recuperada dentro del Río Grijalva dentro del PNCS

Fuente: Elaboración propia a partir de los muestreo en campo

El resultado es muy interesante ya que 43% se clasificó en *proceso de descomposición* y ese resultado era inesperado, sin embargo, se sabe que toda la madera que se acumula en el Río Grijalva proviene de la cuenca del Cañón del Sumidero, que presenta grandes tasas de erosión y pérdida de cobertura vegetal. Por ejemplo del año de 1975 al 2000, se redujo el uso forestal en la cuenca 19.71% perdiendo así 132,162.39 ha, en el caso

de la erosión hídrica (con pérdida de suelo superficial) afecta al 76.25% de la cuenca (CONAGUA, 2009). Al realizar el muestreo se comprobaron estos fenómenos, demostrando de esa manera, que a causa de la erosión se está retirando lo que posteriormente se convierte en la fracción orgánica del suelo y que proporciona gran parte de los nutrientes.

Además, si al porcentaje de madera en *descomposición* se le añade 22% de la madera que se observó únicamente como *ramas* (sin indicios de disturbio) y *desraizada*, se estima que 65% de la madera que se encuentra en el río es lo que se debería de retener en la cuenca como parte de los procesos naturales de degradación que aportan la fracción orgánica del suelo, sin embargo, es natural que exista arrastre de sedimentos y de material orgánico como consecuencia de la dinámica natural de la cuenca, pero debido a las tasas de erosión y pérdida de cobertura vegetal se requiere implantar como medidas de mitigación prácticas de conservación de suelos.

De la madera que se encuentra en el río, 27% está directamente relacionada con acciones del hombre como son la tala (de *corte y aserrada*) y los incendios forestales, sin embargo, es pertinente hacer notar que la madera encontrada en proceso de *descomposición* y como *ramas* no es necesariamente un porcentaje que se produce sólo de manera natural e independientemente del porcentaje que es consecuencia de los incendios, porque cuando se presentan incendios forestales no toda la cobertura vegetal presenta rastros; sin embargo, sí puede afectar la supervivencia del árbol. Se hace esta aclaración porque es sabido que existe un impacto significativo por los incendios forestales en la cuenca, por lo que se esperaba encontrar mayor porcentaje de material quemado, sin embargo, su proporción fue mínima (9%).

Otro tipo de caracterización que se realizó a los residuos de madera fue con el propósito de determinar el tipo de especie, para inferir el origen de la madera. Esta determinación se realizó con el conocimiento tradicional o empírico del personal del Parque Nacional Cañón del Sumidero. Posteriormente, biólogos especialistas en vegetación del Herbario CHIP de la Secretaría de Medio Ambiente e Historia Natural del estado de Chiapas realizaron la identificación a especie.

Para identificar la especie forestal de residuos de madera es necesario tener muestras de flor y fruto, sin embargo, en los residuos hallados en el río únicamente se cuenta con la madera y muchas veces ya no tiene corteza, debido a ello la identificación es más complicada. No obstante, 57% de la muestra de madera se identificó de manera empírica hasta especie; las especies del porcentaje restante no se identificaron porque en su mayoría ya estaban en proceso de descomposición.

La identificación de las especies a través de un especialista se realizó únicamente para los troncos de mayor tamaño, los cuales se transportaron al Jardín Botánico, representando 260.25 kg o el 37.12% en peso de la madera (sin incluir el ripio), fueron 12 ejemplares que se distribuyeron en 10 especies, pero solo una de ellas no se logró identificar.

Gracias a la identificación se pudo determinar que el 60% de las especies, que representan el 77.52% en peso, están asociadas a vivir en un hábitat que se asocia a ríos y arroyos (bosque de galería) que son: *Salix humboldtiana*, *Guazuma ulmifolia*, *Enterolobium cyclocarpum*, *Taxodium mucronatum*, *Spondias mombin* y *Acacia*. En el caso del Sáuz (*Salix humboldtiana*) y Sabino (*Taxodium mucronatum*) son especies que se encuentran exclusivamente en los bosques de galería y que realizan una protección natural contra la erosión, la retención y reducción de la velocidad del agua, así como el control de inundaciones. Las demás especies, aparte de estar asociadas al bosque de galería, también están asociadas a otros tipos de vegetación como:

Bosque tropical caducifolio, Bosque tropical perennifolio, Bosque tropical subcaducifolio, Bosque tropical subperennifolio, entre otros. Sin embargo, esto corresponde a un patrón en el que la mayoría de la madera que se encuentra en el río representa a la vegetación riparia, y nos advierte la necesidad de realizar prácticas de conservación del bosque de galería.

Otro aspecto que es pertinente analizar es el relativo al peso de la madera, debido a que los pesos registrados son en peso húmedo, sin embargo, posteriormente se registraron los pesos secos de algunas especies y se pudo obtener así la proporción de reducción de peso húmedo a peso seco. La reducción va del 4.17% al 66.25%, teniendo una media de 41.17% de pérdida de peso. Más adelante se discutirá la importancia de esta relación. En la tira de imágenes de la figura 7-28 se ilustran este tipo de residuos.



**Figura 7-28 Residuos de recursos forestales.**

**Fuente:** Obtenidos en el muestreo del Río Grijalva realizado el 30 de octubre del 2013

La emisión de gases de efecto invernadero por los embalses debido a vegetación en putrefacción y a entradas de carbono procedente de la cuenca se ha identificado en época reciente como un impacto en el ecosistema (en el clima) de las represas de almacenamiento. Una primera estimación sugiere que las emisiones brutas de los embalses pueden representar entre el 1% y el 28% del potencial de calentamiento global de las emisiones (Comisión Mundial de Represas, 2000). Respecto a ello, es importante señalar que la madera acumulada en el PNCS (97% en peso de los residuos) un porcentaje de ella después de un tiempo llega a saturarse de agua, se vuelve más densa y llega a precipitar, convirtiéndose en material como entrada de carbono que al degradarse emitiría gases de efecto invernadero, situación que en esta investigación por estar fuera de los alcances de la tesis no se abordó.

### 7.4.3 Residuos sólidos como plásticos y subproductos generales

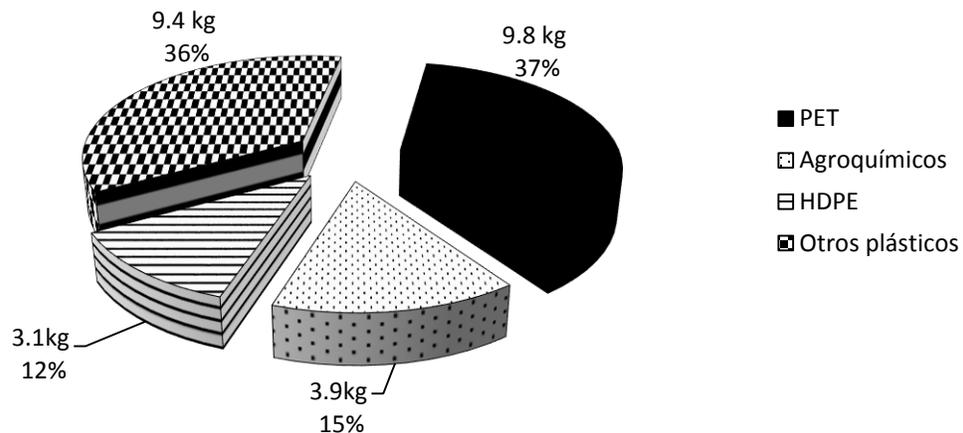
Los plásticos constituyen el 2.54% en peso de la muestra. Del total de plásticos, los recipientes de PET (polietileno de tereftalato) ocupan el primer lugar con 37.4%, en segundo lugar “plásticos generales” con 35.88% e incluye: pelotas, juguetes, utensilios de plástico como tenedores y cucharas, popotes, unisel, suelas de zapato, corcholatas, taparrosas y plástico de película como bolsas de frituras; en tercer lugar los contenedores de agroquímicos con 14.89% y finalmente HDPE (polietileno de alta densidad) con 11.83%. Las imágenes y gráficas pueden verse en las figuras 7-29 y 7-30.



Figura 7-29 Residuos sólidos en la categoría de plásticos y de subproductos generales.

Fuente: Obtenidos en el muestreo del Río Grijalva realizado el 30 de octubre del 2013

## Composición de la diversidad de plásticos



**Figura 7-30. Composición de los plásticos recuperados en el Río Grijalva dentro del PNCS.**

**Fuente:** Elaboración propia a partir de los muestreo en campo

Los subproductos generales constituyen el 0.15% en peso (1.6kg) y el 0.29% en volumen del total de la muestra, e incluyen una mezcla (vidrio y lata), y en muy pequeña proporción se encontraron residuos como: velas, jeringas y pastillas.

Por la caracterización de los residuos sólidos se observa que proceden de los que se tiran en los ríos, en las calles y también en los sitios de disposición final. En la tira de imágenes de la figura 7-28 se muestra este tipo de residuos.

### 7.4.4 Dispersión y acumulación de los residuos sólidos

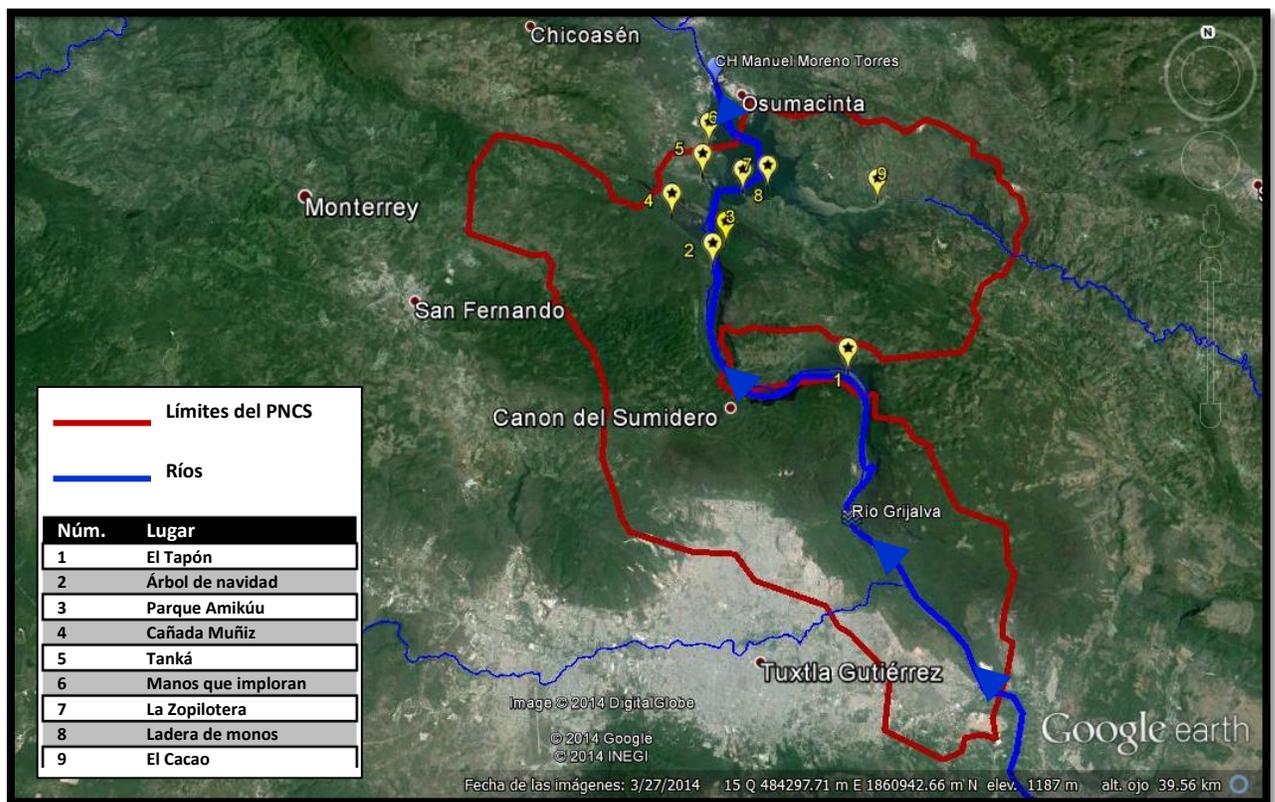
El movimiento de los residuos dentro del Río Grijalva se ve influenciado por dos factores principalmente, el control en el nivel del agua y los vientos. En el caso de los vientos, en algunas ocasiones llegan a ser tan intensos que provocan el reflujos de los residuos hacia aguas arriba (información obtenida de la entrevista con el coordinador operativo de limpieza dentro del PNCS), por ello fluctúan entre la zona denominada Árbol de Navidad y El Tapón.

Una de las particularidades que presenta el Río Grijalva dentro del PNCS es que está en el área del embalse de la CH Manuel Moreno Torres "Chicoasén" y aguas arriba, aproximadamente a 106 km, está la cortina de la CH Dr. Belisario Domínguez "La Angostura", por lo que el nivel y gran parte de la hidrodinámica del río son una consecuencia del nivel de las presas antes mencionadas, y por lo tanto también influyen en la dispersión y/o acumulación de los residuos.

El nivel del agua es diferente todos los días, sin embargo, la política de operación de las presas de los sistemas hidroeléctricos en cada temporada de lluvias es bajar el nivel del agua de la presa Chicoasén de la cota 392.5 a la 387 msnm, como medida preventiva ante la inminencia de un evento hidrometeorológico extremo. Hacia el final de la temporada de lluvias, comúnmente en octubre, se permite que suba el nivel del agua en la presa a 392.5 msnm.

La práctica mencionada tiene repercusión en el comportamiento de los residuos debido a que durante la temporada de lluvias, cuando se produce el arrastre de los residuos de la cuenca y el nivel del agua de la presa está en el NAMO (nivel de aguas máximo ordinario) a 387 msnm, los residuos se concentran y/o se mueven desde la zona denominada El Tapón hasta la zona denominada Árbol de Navidad, porque la velocidad del río en esta zona es casi nula (nula, con base en el monitoreo de velocidad cercano a El Tapón en el 2011 realizado por la CONAGUA); sin embargo, cuando termina la temporada de lluvias y se permite regresar el nivel del agua de la presa a la cota 392.5msnm, se induce una mayor descarga de agua de la presa La Angostura, elevando la velocidad del río y provocando que los residuos sean arrastrados hacia la parte del embalse, cerca de la cortina, y posteriormente se concentran en las márgenes del cauce, específicamente en los extrados de las curvas, del Cañón del Sumidero.

La acumulación significativa de residuos en el área navegable del río se da en otros ocho sitios más. La zona denominada El Tapón es la más mencionada y a la que se le concede mayor atención debido a que está a la vista de los turistas a su paso por el Cañón, y porque en esa zona se acumulan los residuos en la temporada de lluvias, sin embargo, los residuos se van acumulando en varios extrados de las curvas (ensenadas), que en conjunto, integran un área mucho mayor que la que ocupa El Tapón. Las ensenadas con mayor acumulación de residuos se reconocen bajo los siguientes nombres: El Tapón, Árbol de Navidad, Parque Amikúu, Cañada Muñiz, Tanká, Manos que Imploran, La Zopilotera, Ladera de Monos y hasta llegar al Cacao. Es pertinente mencionar que la única zona en la que se realizan campañas de limpieza es El Tapón, las otras áreas no se limpian por falta de recursos económicos, sin embargo, la sociedad civil clama por la limpieza de estos sitios. En la figura 7-31 se muestra la ubicación de las zonas donde se acumulan los residuos.

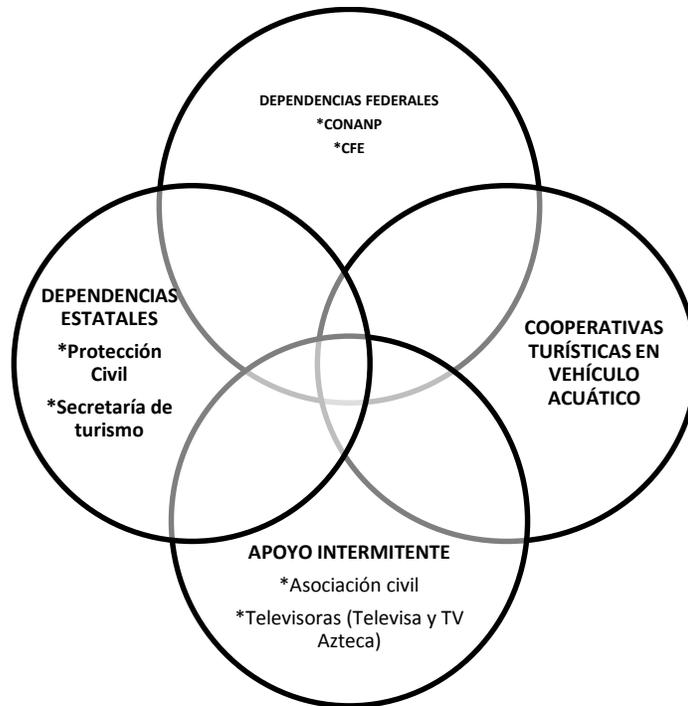


**Figura 7-31. Extrados de las curvas (ensenadas) al margen del Río Grijalva en las que se acumulan los residuos sólidos dentro del PNCS.**

## 7.6 Atención y manejo de la problemática de la acumulación de residuos en EL PNCS

En esta sección se menciona a los organismos que participan para dar solución a la problemática de los residuos del Parque Nacional Cañón del Sumidero como parte de las acciones de conservación, (figura 7-32). (Díaz Valdiviezo, 2013)

### 7.6.1 Organismos involucrados



**Figura 7-32. Organismos involucrados en atención a los residuos sólidos acumulados en el Río Grijalva dentro del PNCS**

**Fuente:** (Díaz Valdiviezo, 2013)

Actualmente la dependencia federal con la mayor participación en atender la problemática de los residuos sólidos que se acumulan en el Parque Nacional Cañón del Sumidero (PNCS) es la Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (CONANP), sin embargo, antes de que esta dependencia se hiciera cargo, Protección Civil y la Secretaría de Turismo del Estado de Chiapas, eran las dependencias estatales responsables de atender el problema, incluso las cooperativas de turismo acuático hacían campañas de limpieza.

**CONANP:** En el año 2003 la CONANP tomó a su cargo la administración del PNCS y a partir del año 2004 empezó a atender la problemática de los residuos acumulados y continúa hasta la fecha, actualmente la Comisión opera un proyecto de manera permanente conocido como *“Programa integral de limpieza y conservación del Río Grijalva”*

**CFE:** El apoyo que ocasionalmente brinda la Comisión Federal de Electricidad es económico, y también en determinadas ocasiones realiza limpieza pero restringiéndose a la zona del embalse como medida de protección para la generación eléctrica.

**PROTECCIÓN CIVIL DEL ESTADO DE CHIAPAS:** La intervención de esta dependencia de gobierno se centra principalmente en la etapa de contingencia o los meses críticos de acumulación de residuos, la participación consiste en destinar personal y lanchas para la limpieza, tratan de cubrir gran parte del año pero están por lo menos seis meses. En años consecutivos contrataron a una empresa para dar la limpieza al río, más adelante se detalla esta información.

**LAS COOPERATIVAS TURÍSTICAS EN VEHÍCULO ACUÁTICO:** Las cooperativas han participado en la limpieza del río de forma ocasional desde hace más de 15 años, posteriormente se han ido coordinando a través de la CONANP o Protección Civil del Estado, el apoyo de las cooperativas varía año con año a través de los acuerdos y reuniones que se realizan anualmente de forma interinstitucional e interesados en dar solución a la problemática.

**APOYO INTERMITENTE:** Este tipo de apoyo no es continuo o establecido, más bien es voluntario, las agrupaciones participantes son las siguientes:

1. **Asociación civil:** Han participado distintas asociaciones civiles pero de forma irregular u ocasional.
2. **Campañas de limpieza:** Estas campañas de limpieza son organizadas por las televisoras (Televisa y TV Azteca) quienes convocan y participan con su propio personal, rentan lanchas a las cooperativas turísticas uno o dos días y en fechas alusivas. Estos eventos son muy aislados.
  - Televisa (Televisa verde)
  - TV Azteca (Limpiemos México)

### **7.6.2 Recolección y composición de los residuos sólidos que se acumulan en el río Grijalva dentro del PNCS**

La recolección de los residuos dentro del río se efectúa de forma manual y mecánica. La limpieza manual se realiza mayormente durante todo el año, con el empleo de: lanchas, motosierras, machetes, bioldos, costales y palas. La limpieza mecánica se realiza en la época de contingencia y de forma ocasional a la par de la limpieza manual, los equipos que se utilizan, además de los ya mencionados, son: pangas y dos máquinas recolectoras trash skimmer denominadas “Zopilote” y “Tilapia”. La denominada Zopilote es apta para la recolección de ripio y plástico y la denominada Tilapia para troncos y plástico de todo tipo, sin embargo, estos equipos no se usan frecuentemente pues por la falta de mantenimiento preventivo y correctivo llegan a quedar fuera de operación incluso durante un año completo (Cuadro 7-15).

**Cuadro 7-15. Equipos para la recolección y disposición final de los residuos sólidos acumulados en el PNCS.**

	CONANP	PROTECCIÓN CIVIL	EMPRESA AMIKUU	COOPERATIVAS TURISTICAS
<b>Lanchas</b>	3 lanchas de 3 t y 1 lancha de 1 t.	4 Lanchas de 6 t		Cada cooperativa aporta una lancha con su motor y operador correspondiente
<b>Motores fuera de borda</b>	3 motores de 150 hp de 2 tiempos y 1 motor de 80 hp de 4 tiempos.	4 motores (se desconoce la capacidad)		
<b>Pangas</b>		Con capacidad de 20 t, se usa para la madera y se arrastra o mueve con lanchas	Una panga con capacidad de 30 t	
<b>Máquina recolectora</b>	(Ripio y plástico) Trash skimmer utilizada a lo largo del año y no en la temporada crítica por ser delicada (a diésel)	Trash skimmer de mayor capacidad que el de la CONANP, recoge troncos (a diésel)		

**Fuente: (Díaz Valdiviezo, 2013)**

La recolección anual de residuos en el PNCS puede subdividirse en dos temporadas, definidas por la intensidad del trabajo requerido, una en época de estiaje y la segunda en época de lluvias.

**PRIMERA TEMPORADA “ÉPOCA DE ESTIAJE”:** En la primera parte del año, el tipo de residuos que se recolectan a través de una lancha como parte del programa permanente de limpieza es: ripio, lirio, madera y plásticos; la cantidad recolectada en un mes, puede ser de 30 toneladas.

**SEGUNDA TEMPORADA “ÉPOCA DE LLUVIAS”:** La segunda parte del año, denominada “de contingencia” corresponde a los meses más críticos, puede ser desde mayo a octubre intensificándose aún más entre septiembre y octubre, durante los que las lluvias son más fuertes y la presencia de residuos aumenta. Otros tipos de residuos observados en esta temporada son: cilindros, refrigeradores, llantas, vacas, perros y hasta cadáveres humanos. En esta temporada en un solo día se pueden recolectar 30 toneladas y ha llegado a ser hasta 100 o 200 toneladas en algunos años. Se contrata mayor cantidad de personal (40, 50 o 100 personas) y se ocupan más lanchas para la limpieza, dependiendo de la acumulación de residuos en el año.

En temporadas bajas puede recolectarse de 9 a 12 t/diarias, mientras que en temporada alta de 20 a 25 t/diarias, pero en las campañas de limpieza intensas son hasta 60 t/diarias.

### 7.6.3 Cantidad de residuos recolectados de 2004-2013

Las instituciones que han registrado el peso de los residuos han sido la CONANP y Protección Civil. En el caso de la CONANP, la forma de determinar el peso de los residuos recolectados es aproximada, al no contar con una báscula, se estima a través de la capacidad de las pangas o del máximo pesaje que soporta una lancha multiplicándolo por el número de viajes. Es importante destacar que para la CONANP, el contar con una báscula para el pesaje de los residuos haría disminuir la eficiencia de la recolección.

Durante el período 2004-2013 la CONANP, gracias a la coordinación y cooperación interinstitucional y de la sociedad civil, extrajo aproximadamente 20,777 toneladas de residuos sólidos, de los cuales aproximadamente el 90% corresponde a madera, el 7% a materia vegetal dispersa (restos agrícolas principalmente) y el 3% son plásticos de diferentes tipos (Barrera, 2014) (Figura 7-33).

Durante los años 2010, 2011 y 2012 Protección Civil del Estado de Chiapas contrató a la empresa Desempeño Tecnológico, S.A. de C.V.” para retirar los residuos del Cañón del Sumidero, la cual reportó 17,500 toneladas durante los tres años (Zárate, 2014), en este caso los residuos eran pesados en básculas a través de los tráileres que trasladaban la madera fuera del PNCS (Figura 7-32) (Zárate, 2014)

En conclusión, en el periodo 2004 - 2013 se recolectaron 38,277 toneladas de residuos, lo que representó en promedio 10.49 t/día.

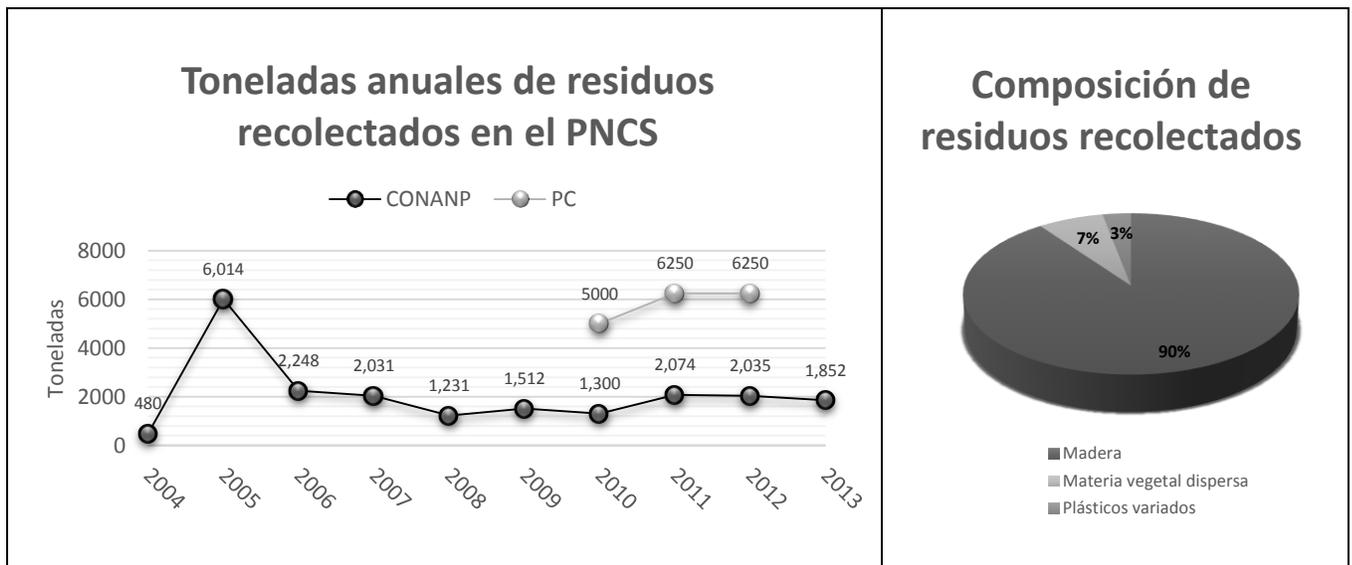


Figura 7-33. Cantidad y composición de los residuos sólidos recolectados durante los años 2004-2013 en el PNCS.

Fuente: (Barrera, 2014) y (Zárate, 2014)

## **7.6.4 Aprovechamiento y disposición final de los residuos acumulados en el PNCS del 2004-2012**

### **Aprovechamiento**

En el año 2007, auspiciado por la CONANP a través del Programa de Desarrollo Rural Sustentable (PRODERS), se promovió la elaboración de artesanías a partir de la madera en el municipio de Osumacinta con la intención de que las personas elaboraran artesanías y se ocupara la madera, pero al parecer no fue de interés debido a que ninguna de las personas capacitadas le dio continuidad.

En el caso de los residuos plásticos, la CONANP impulsó la creación de cuatro centros de acopio comunitarios, de ellos quedó operando sólo uno, el de Cahuaré-Chiapa de Corzo (que recolecta plásticos PET), actualmente la CONANP le entrega el plástico que se retira del Río, este centro de acopio funciona de manera independiente y no necesariamente con los plásticos del Cañón.

La separación de los residuos durante la contingencia es complicada, por lo que se requiere la aplicación de diferentes estrategias, por ejemplo, durante las primeras lluvias las corrientes arrastran el plástico y es lo que primeramente se va retirando, posteriormente el río acarrea la madera y la limpieza se centra en retirarla, cuando disminuyen los residuos o las actividades de limpieza son menos demandantes, se vuelve a atender el plástico; o a veces se divide la recolección (plásticos-madera). Por cuestiones operativas, en los últimos dos años el plástico se almacenó de manera temporal en la zona denominada El Playón y cuando pasó la etapa más demandante de la contingencia, los plásticos se extrajeron y entregaron al centro de acopio.

Los tipos de plásticos que generalmente llegan al PNCS son: recipientes de agroquímicos, de aceites, de cloro, de shampoo y de yogurt etc.

Durante los años 2010, 2011 y parte del 2012 se tuvo una experiencia distinta cuando Protección Civil del Estado de Chiapas contrató a la empresa Desempeño Tecnológico, S.A. de C.V. para retirar los residuos del Cañón del Sumidero y darles un aprovechamiento que consistió en lo siguiente: la madera, en su mayoría, se utilizó como combustible para ladrilleras, calderas y restaurantes (85%) y en menor proporción para producir composta (15%). Sin embargo, en el 2010 se tuvo la experiencia de elaborar briquetas como combustible para las ciudades rurales sustentables (estrategia de desarrollo regional para combatir la dispersión poblacional y erradicar la pobreza), pero no fue exitoso, ya que a la gente no le agradó y posteriormente no se le encontró el uso adecuado. En el caso de los plásticos (exclusivamente el PET) se enviaba a reciclar, sin embargo, durante el tiempo que operó la empresa citada se dedicó a retirar principalmente la madera. Durante esta temporada la CONANP, Protección Civil y la empresa decidieron coordinarse para sacar todos los residuos del río.

En menor grado se dio otro tipo de aprovechamiento, por parte de algunos negocios, localidades o colonias rurales aledañas al PNCS que solicitaron madera, entre otros algunos ladrilleros o restauranteros que cocinan con leña.

### **Disposición temporal-permanente**

Sin considerar la experiencia de la empresa que extrajo los residuos en los años mencionados, a continuación se describen los sitios de disposición temporal que se usan y están dentro del PNCS. Los sitios se denominan El Playón y La zona de Selvitas; se disponen temporalmente en esos sitios con el objetivo que se degraden y se reintegren al suelo. La zona de Selvitas y El Playón se empezaron a usar antes del 2004 cuando Protección Civil

estaba a cargo, en La zona de Selvita se acomodaron los residuos por cuestiones operativas, de transporte y de seguridad (Figura 7-34).

**El Playón:** Inicialmente fue una zona de disposición de residuos madereros y plásticos, hasta que en una ocasión se suscitó un incendio (por ser una zona susceptible a ellos). Actualmente El Playón ya no opera como zona de disposición para la madera, pero sí para los plásticos, que se almacenan a escasos 20 metros de donde se depositaba la madera, actualmente se depositan allí de forma temporal en la época de contingencias, para posteriormente extraerlos y entregarlos al centro de acopio comunitario. (Figura 7-33)

**La zona de Selvitas:** Con este nombre se designa a tres áreas en las que actualmente se depositan los restos madereros que se acumulan en el PNCS. En algunas ocasiones, en la Selvita 2 también se depositan algunos costales con plásticos. La vegetación observada en estos sitios es Selva Mediana y están en buen estado de conservación. Para fines de este trabajo se dividieron las zonas como Selvita 1, Selvita 2 y Selvita 3, de forma cronológica dependiendo de cómo se han ido ocupando, por lo que La Selvita 1, es la que tiene mayor tiempo de las tres (Figura 7-34, 7-35 y 7-36).



**Figura 7-34 Ubicación de las zonas de disposición temporal-permanente de los residuos que se acumulan en el PNCS**

**Fuente:** Elaboración propia a partir del recorrido de campo.



**Figura 7-35** Imágenes del sitio de disposición temporal-permanente “El Playón”.

**Superior izquierda:** arribando. **Superior intermedia:** zona abandonada de disposición de madera. **Superior derecha:** vestigio de árbol quemado, después del incendio. Las **fotos inferiores** muestran la zona de disposición de plásticos y en la foto **inferior derecha** se observan los tipos de envases de plástico que contuvieron cloro, lubricantes, agroquímicos, etc.



**Figura 7-36** Imágenes del sitio de disposición temporal-permanente La Selvita 2.

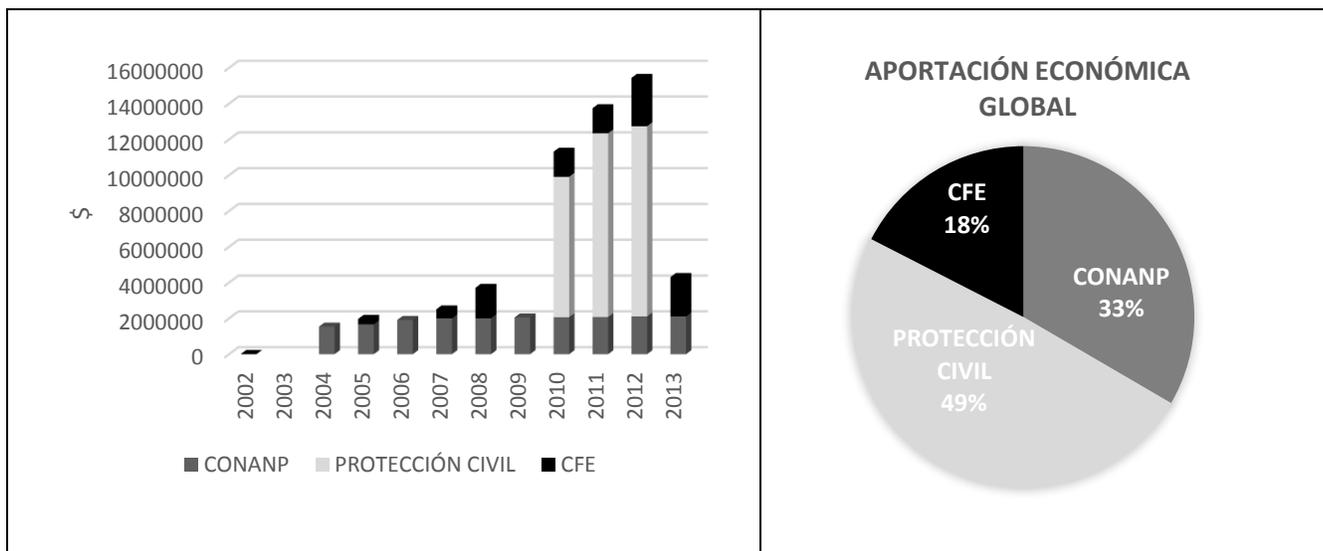
**Superior izquierda:** Arribando en lancha. **Superior intermedia:** cúmulo de madera depositada. **Superior derecha:** disposición de madera junto a costales conteniendo plástico. **Inferior izquierda:** madera que presenta rasgos de haber sido quemada. **Inferior intermedia y derecha:** espesor aproximado de 1m de madera.

### **7.6.5 Presupuesto invertido por parte de las autoridades involucradas**

Como parte de la investigación se indagó cuánto cuesta y ha costado retirar los residuos del Río Grijalva, dado que las condiciones en las que se realiza esta labor son indiscutiblemente complicadas, debido a la profundidad del río (no se trabaja sobre suelo firme), ya que los residuos de madera son muy pesados por ser trozos grandes y húmedos, y a las corrientes de agua y viento que dispersan los residuos constantemente durante el día. Por otra parte, el equipo y forma que se utiliza principalmente es manual por las condiciones del sitio, estos aspectos encarecen y dificultan la recolección, disminuyendo de esta forma la eficiencia.

Las instituciones que aportan económicamente para enfrentar la problemática son Comisión Federal de Electricidad, el Parque Nacional Cañón del Sumidero a través de la Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas y Protección Civil de Gobierno del Estado de Chiapas.

Del año 2002 al 2013 inclusive estas instituciones invirtieron cerca de cincuenta y ocho y medio millones de pesos (\$58, 491, 409.73) (figura 7-37). De este monto, el 88.37% se destinó a acciones directas de recolección de residuos en el río y el 11.63% a acciones preventivas que ha patrocinado la CFE a través de donaciones a distintas organizaciones. Durante este periodo de 12 años se han recolectado 38,277 toneladas de residuos, es decir, sin actualizar el costo a valor presente, retirar una tonelada de residuos del Río Grijalva dentro del PNCS cuesta \$1,350.46 con un rendimiento de 10.47 toneladas por día. De acuerdo con el sistema de recolección de Tuxtla Gutiérrez, el costo de recolectar y disponer adecuadamente una tonelada de residuos sólidos es de \$537.00 (incluye: barrido, recolección, transporte, estación de transferencia, disposición final, y mantenimiento de pos clausura del anterior basurero municipal) y se recolectan alrededor de 500 toneladas diarias. Al comparar ambos costos se puede observar que es 2.5 veces más caro recolectar los residuos en el Río Grijalva que en las ciudades. Otro dato importante a destacar es la cantidad de recursos económicos que se han destinado, monto que pudiera servir para acciones de infraestructura o desarrollo y se malgasta para abatir malas prácticas sociales, como disposición final inadecuada de los residuos, el tirar la basura en la calle y un aprovechamiento forestal inadecuado, de hecho a veces se considera como dinero desperdiciado por ser acciones que no traen un beneficio evidente, sin embargo, por la cantidad de residuos que existen aún en el PNCS es necesario evaluar alternativas de aprovechamiento de estos residuos, una de ellas puede ser su uso como combustible.



**Figura 7-37. Aportación económica anual de las instituciones, del 2002 al 2013, para enfrentar el impacto de los residuos sólidos en el PNCS.**

**Fuente: (Barrera, 2014); (Zárata, 2014) y (Hernández, 2013)**

La dependencia que ha aportado económicamente durante más tiempo ha sido la CONANP, por 10 años consecutivos, le sigue CFE con 8 años y por último Protección Civil del Gobierno del Estado, con 3 años.

Por otra parte, Protección Civil del Gobierno del Estado ha sido la dependencia que ha aportado económicamente el mayor porcentaje del total, con el 49%, siguiéndole la CONANP, con 33% y por último CFE con 18% (figura 7-37).

A la CONANP le cuesta \$940.54 retirar 1 tonelada de residuos y a Protección Civil \$1,642.03. Sin embargo, la CONANP tiene un rendimiento menor, ya que retira 5.69 t/día mientras que Protección Civil retira 15.98 t/día. Además, la disposición final de los residuos por parte de la CONANP es dentro del PNCS y Protección Civil los traslada fuera del Área Natural Protegida.

Es pertinente mencionar algunos aspectos importantes, por ejemplo, el peso que reporta la CONANP es aproximado, es decir, puede ser más o puede ser menos; el peso que reporta Protección Civil sí fue pesado con básculas, sin embargo, diferentes fuentes de información extraoficial argumentan que la madera era mojada previamente a ser sometida a la báscula por parte de la empresa para poder cobrar más honorarios. Respecto a los datos de campo, la madera encontrada en el río perdía en promedio 42% de humedad, por lo que a través de estos datos se podría decir que, descontando este porcentaje de humedad, el rendimiento de Protección Civil podría ser de 9.4 t/día.

## CAPÍTULO 8 MEDIDAS DE MITIGACIÓN

En este capítulo se presentan las medidas que se proponen para mitigar los impactos ambientales causados por la acumulación de residuos en el Río Grijalva dentro del PNCS. Las propuestas incluyen acciones preventivas y correctivas, así como acciones dependiendo del tipo de residuo y de su origen. Es por ello que cada medida de mitigación consta de: actividad y descripción de la medida, factor o elemento ambiental dirigido, impacto al que se dirige, acción que se intenta paliar, el tipo de medida (preventiva, correctiva, compensación, etc.), objetivo de la medida, lugar de ejecución, normatividad aplicable, entidad responsable de gestión, tipo de prioridad, e índices o indicadores para su evaluación.

MEDIDA DE PREVENCIÓN Y CORRECCIÓN		FICHA 1
<b>Actividad:</b>	<b>Factor o elemento ambiental dirigido:</b>	
Gestión Integral de Residuos Sólidos Urbanos a nivel de Cuenca del Cañón del Sumidero	Paisaje	
<b>Impacto al que se dirige:</b>	<b>Acción que se intenta paliar:</b>	
Acumulación de residuos en el PNCS	Disposición inadecuada de residuos sólidos urbanos	
<b>Tipo de medida:</b>	<b>Definición de la medida:</b>	
Preventiva/Correctiva		
<b>Descripción de la medida:</b>		
<p>Es necesario implantar y consolidar una Gestión Integral de Residuos Sólidos Urbanos a nivel de la Cuenca del Cañón del Sumidero para poder minimizar los impactos ambientales y hacer más eficiente los recursos económicos que se invierten.</p> <p>Como parte de la Gestión Integral de Residuos Sólidos se debe incluir por lo menos (<b>Alegre et al, 2004</b>):</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Diagnóstico de la situación de los residuos sólidos en la cuenca y de su manejo.</li> <li>• Normatividad ambiental</li> <li>• Manejo integral de los residuos sólidos, que incluye: generación, recolección, transporte, aprovechamiento, transferencia y disposición final.</li> <li>• Educación ambiental y participación social</li> <li>• Aspectos gerenciales, administrativos y financieros</li> <li>• Estrategias de evaluación seguimiento, control.</li> </ul> <p>Además de lo anterior se dan las siguientes recomendaciones:</p> <p>Mejoramiento y asesoramiento en el Manejo Integral de Residuos Sólidos para los municipios, una primera instancia es diseñar las rutas de recolección, lo que podría minimizar mensualmente entre un 20 a un 50% el gasto de combustible y tiempo de recorrido, proporcionado una mejor cobertura de servicio o ahorro económico.</p> <p>Incentivar, crear y consolidar alternativas o programas eficientes para la minimización, recolección, aprovechamiento y disposición final de los residuos sólidos en las comunidades y cabeceras de los municipios.</p> <p>Es importante mencionar que esta forma de autogestión de recursos económicos puede minimizar las erogaciones municipales que actualmente se usan para el manejo de los residuos sólidos y brindar un mejor servicio.</p>		
<b>Objetivo de la medida:</b>		
<p>Consolidar una Gestión integral de Residuos Sólidos a nivel de Cuenca, que fortalezca la atención, el manejo y la educación ambiental respecto a residuos dentro de los municipios de la cuenca a corto, mediano y largo plazo.</p> <p>Consolidar estrategias para dar soluciones a la problemática de los residuos sólidos en la cuenca.</p>		
<b>Documento en el que se incluye:</b>	<b>Lugar de ejecución</b>	
	Municipios de la CCS	
<b>Entidad responsable de gestión</b>	<b>Prioridad</b>	
LIBRE: PNCS, CONANP, GOBIERNO DEL ESTADO, OSC.	Alta	
<b>Normatividad aplicable</b>	<b>Índices o indicadores</b>	
No aplica	Documento de gestión y número de acciones llevadas a cabo.	

MEDIDA DE PREVENCIÓN		FICHA 2
<b>Actividad:</b>	<b>Factor o elemento ambiental dirigido:</b>	
Programa permanente de campañas de recolección de residuos sólidos urbanos al margen de ríos y cañadas.	Paisaje	
<b>Impacto al que se dirige:</b>	<b>Acción que se intenta paliar:</b>	
Acumulación de residuos en el PNCS	Disposición inadecuada de residuos sólidos urbanos	
<b>Tipo de medida:</b>	<b>Definición de la medida:</b>	
Preventiva/Correctiva		
<b>Descripción de la medida:</b>		
<p>Como parte de las actividades estatales y municipales dentro de su programa operativo anual, consolidar campañas permanentes de recolección de residuos sólidos urbanos previamente a la temporada de lluvias, que incluya la limpieza al margen de los ríos, cañadas y sitios clandestinos de disposición final de residuos. Se recomienda hacer por lo menos tres limpiezas durante el año, entre ellas dos limpiezas previas a la época de lluvias.</p> <p>Es importante vigilar que se realice eficazmente esta medida de mitigación a través de informes, fotografías y/o videos, así como disponer los residuos en los sitios disposición final municipal establecidos, evitando que se trasladen a lugares inseguros, indeseables o que vayan a generar mayor contaminación.</p> <p>Es importante involucrar mayormente a la sociedad civil fomentando la educación ambiental, es por ello que estas actividades pueden coordinarse y a la vez incluir en su participación a protección civil, escuelas, el programa de oportunidades, otros programas gubernamentales y organismos de la sociedad civil, entre otros.</p> <p>Esta actividad puede integrarse como una meta de la JICCAS, como parte de integración y seguimiento puede generarse una base de datos a través de los SIG sobre los puntos de limpieza, número de personas e instituciones participantes, cantidad de RSU recolectados e inversión económica, entre otros.</p> <p>Estas actividades pueden realizarse en fechas alusivas al medio ambiente para despertar mayor motivación e interés por parte de la sociedad civil y dependencias gubernamentales. Por mencionar algunas fechas pueden ser:</p> <p><b>2 de febrero:</b> Día de los humedales                      <b>22 de Abril:</b> Día de la tierra                      <b>07 de Abril:</b> Día mundial de la Salud  <b>14 de Marzo:</b> Día Mundial de Acción Contra las Represas, a favor de los Ríos, el Agua y la Vida  <b>22 de Marzo:</b> Día mundial del agua                      <b>05 de Junio:</b> Día mundial del medio ambiente</p>		
<b>Objetivo de la medida:</b>		
Evitar que los residuos sólidos acumulados cerca de los cuerpos de agua en la CCS sean arrastrados por la lluvia, el viento o el curso de los ríos y llegue acumularse al PNCS. Sanear y contribuir a una limpieza de los cuerpos de agua		
<b>Documento en el que se incluye:</b>		<b>Lugar de ejecución</b>
		Para todos los municipios de la CCS en especial a Tuxtla Gutiérrez, Chiapa de Corzo, Acala y Villaflores.
<b>Entidad responsable de gestión</b>		<b>Prioridad</b>
Gobierno del estado, ayuntamientos municipales, JICCAS, OSC.		Alta
<b>Normatividad aplicable</b>		<b>Índices o indicadores</b>
LGPGIR, LGEEPA.		No. de ríos saneados, cantidad de residuos recolectados (t), No. de sitios limpiados.

MEDIDA DE PREVENCIÓN		FICHA 3
<b>Actividad:</b>	<b>Factor o elemento ambiental dirigido:</b>	
Programa permanente de limpieza de cuerpos de agua en temporada vacacional	Paisaje	
<b>Impacto al que se dirige:</b>	<b>Acción que se intenta paliar:</b>	
Acumulación de residuos en el PNCS	Disposición inadecuada de residuos sólidos urbanos	
<b>Tipo de medida:</b>	<b>Definición de la medida:</b>	
Preventiva/Correctiva		
<b>Descripción de la medida:</b>		
<p>Como parte de las actividades estatales y municipales dentro de su programa operativo anual, consolidar campañas permanentes de limpieza de los cuerpos de agua a los que acude la gente como actividad recreativa.</p> <p>Identificar los cuerpos de agua (ríos, lagos, lagunas, manantiales, etc.) de afluencia turística por cada municipio, estimando las fechas de mayor concurrencia (estos pueden ser: Semana Santa, vacaciones de verano e invierno, así como fechas locales, entre otros). Elaborar un programa de limpieza de estos sitios que involucre las siguientes etapas: antes, durante y después de cada fecha de mayor concurrencia.</p> <p>Señalar los sitios de mayor concurrencia turística con lemas que promueva ecosistemas limpios, como ejemplo puede ser: a) Depositar los residuos en lugares adecuados b) Llevarse sus residuos en el caso de no existir contenedores o espacios adecuados para su disposición c) Promover un río limpio y diversión limpia con lemas optimistas como "Humedales sanos, gente sana".</p> <p>Esta actividad puede integrarse como una meta de la JICCAS y como parte de integración y seguimiento puede generarse una base de datos a través de los SIG sobre los puntos de limpieza, número de personas e instituciones participantes, cantidad de RSU colectados, fechas establecidas de limpieza e inversión económica.</p>		
<b>Objetivo de la medida:</b>		
<p>Evitar que los residuos sólidos acumulados cerca de los cuerpos de agua en la CCS sean arrastrados por la lluvia, el viento y los cursos de los ríos y lleguen acumularse al PNCS.</p> <p>Sanear los cuerpos de agua.</p>		
<b>Documento en el que se incluye:</b>	<b>Lugar de ejecución</b>	
	Para todos los municipios de la CCS en especial a Villaflores, Acala, Emiliano Zapata, Villa Corzo, Suchiapa, San Lucas.	
<b>Entidad responsable de gestión</b>	<b>Prioridad</b>	
Gobierno del estado, ayuntamientos municipales, JICCAS, OSC.	Media	
<b>Normatividad aplicable</b>	<b>Índices o indicadores</b>	
LPGGIR, LGEEPA,	No. De ríos saneados, cantidad de residuos recolectados (t), No. De sitios limpiados.	

MEDIDA DE PREVENCIÓN		FICHA 4
<b>Actividad:</b>	<b>Factor o elemento ambiental dirigido:</b>	
Programa permanente de educación y sensibilización ambiental	Paisaje	
<b>Impacto al que se dirige:</b>	<b>Acción que se intenta paliar:</b>	
Acumulación de residuos en el PNCS	Disposición inadecuada de residuos sólidos urbanos	
<b>Tipo de medida:</b>	<b>Definición de la medida:</b>	
Preventiva		
<b>Descripción de la medida:</b>		
<p>Una de las principales causas de la acumulación de residuos sólidos urbanos en el PNCS es que los residuos se quedan o se tiran en la calle y ya sea por el efecto del aire o de la lluvia, son arrastradas a los cuerpos de agua y éstos llegan finalmente al PNCS. Por ello es indispensable concientizar a la población que vive dentro de la CCS sobre la problemática de los residuos en el PNCS en el que se puede integrar a un programa de educación ambiental a nivel de cuenca, y que este a su vez forme parte de una Gestión Integral de Residuos Sólidos a nivel de cuenca.</p> <p>Dentro del programa de educación ambiental pueden incluirse algunos aspectos importantes como: qué son los residuos sólidos urbanos (RSU), cómo se clasifican los RSU, cómo contaminan los RSU al suelo, agua, aire y biodiversidad, qué residuos peligrosos hay en los RSU, cuál es la problemática de los RSU en el PNCS, la causa de donde provienen estos residuos, el esfuerzo invertido respecto al tiempo y el costo de recoger los residuos en el PNCS, cómo nos miran las personas foráneas o turistas al ver el PNCS con residuos. Hacer un balance en cuanto a qué tiempo y dinero te lleva tirar un plástico vs su recolección en el río. Es importante incluir opciones/alternativas sobre qué hacer con los residuos sólidos urbanos, cómo fomentar la triple R (Reducir, Reutilizar y Reciclar) así como recalcar algunas recomendaciones como: respetar las horas de los camiones de basura, tirar la basura hasta encontrar un bote adecuado, corregir a las personas cuando vean que están tirando la basura en la calle, promover un río limpio y diversión limpia, compartir la información a los papás, adultos y tíos. La forma en cómo se puede abordar esta medida de mitigación es en lo siguiente:</p> <p><b><u>Educación ambiental formal:</u></b> Incluir la problemática de los residuos en el Cañón del Sumidero en las ediciones de los libros de Educación con Responsabilidad Ambiental aprovechando que hay un apartado de residuos sólidos. También incluir en este apartado la técnica del triple lavado para los residuos de agroquímicos y disminuir así sus efectos nocivos en el suelo y en el agua.</p> <p><b><u>Educación ambiental informal:</u></b> En las colonias y comunidades de los municipios dentro de la CCS (en especial a las que viven cercanas a los ríos) se pueden realizar campañas de sensibilización para jóvenes en escuelas (primaria, secundaria, preparatoria), y en el caso de personas adultas se pueden realizar a través de programas federales como <i>Oportunidades</i> y otros programas de carácter gubernamental o no gubernamental, en este apartado pueden integrarse organismos de la sociedad civil.</p> <p><b><u>Educación ambiental no formal:</u></b> Ahondar actividades de sensibilización ambiental como spots y videos en el cine, en la radio, en el periódico y en la televisión. Un aspecto importante para este tipo de acciones, es tratar de socializar y hacer participe a la sociedad, porque de esa forma se genera conciencia e interés en la problemática, además de que se puede involucrar diferentes disciplinas y artes, por ello se dan ejemplos de algunas ideas como los siguientes eventos: Un concurso sobre el mejor video en generar conciencia sobre no tirar la basura en la calle. “Yo formo parte de los hábitos del siglo XXI”; Mis residuos no van al Cañón del Sumidero. Un concurso sobre el mejor video que genere conciencia sobre la problemática de los residuos en el PNCS. Concurso sobre la mejor exposición (fotográfica, de mural o escultórica) sobre residuos que llegan al Cañón del Sumidero.</p>		
<b>Objetivo de la medida:</b>		
<p>Concienciar a la sociedad sobre la problemática de tirar los residuos en la calle  Concienciar a la sociedad sobre la problemática de los residuos que llegan al Cañón del Sumidero.  Evitar que la gente tire los residuos en la calle, en los ríos, en las cañadas y en otros cuerpos de agua.  Concienciar a la sociedad sobre como contamina los residuos al suelo, agua, aire y biodiversidad.  Concienciar a la sociedad sobre acciones sencillas para evitar los residuos en el PNCS</p>		
<b>Documento en el que se incluye:</b>	<b>Lugar de ejecución</b>	
	Municipios de la CCS	
<b>Entidad responsable de gestión</b>	<b>Prioridad</b>	
LIBRE: PNCS, CONANP, GOBIERNO DEL ESTADO, OSC	Media	
<b>Normatividad aplicable</b>	<b>Índices o indicadores</b>	

No aplica	No de eventos al año, No de población atendida, No de talleres realizados, No de municipios atendidos, La edición en el libro de ERA.
-----------	---

MEDIDA DE CORRECCIÓN		FICHA 5
<b>Actividad:</b>	<b>Factor o elemento ambiental dirigido:</b>	
Clausura y limpieza de sitios clandestinos de disposición final	Paisaje	
<b>Impacto al que se dirige:</b>	<b>Acción que se intenta paliar:</b>	
Acumulación de residuos en el PNCS	Disposición inadecuada de residuos sólidos urbanos	
<b>Tipo de medida:</b>	<b>Definición de la medida:</b>	
Preventiva/Correctiva		
<b>Descripción de la medida:</b>		
<p>Considerando que el 82% de los SDF de los municipios en la Cuenca del Cañón del Sumidero son tiraderos a cielo abierto, es necesario clausurar, limpiar y prohibir los sitios no oficiales de disposición de residuos.</p> <p>Tal es el caso del tiradero clandestino a cielo abierto que le compete al municipio de Venustiano Carranza, el SDF se ubica a un costado de la carretera que va de la localidad Vicente Guerrero a Nicolás Ruiz, debido a que está a escasos 9m del río permanente denominado San Martín y éste fluye directamente al Río Grijalva. Las coordenadas son las siguientes en UTM WGS84: x= 53125; Y= 1816480</p> <p>Clausurar, limpiar y señalizar el tiradero clandestino a cielo abierto que le compete al municipio de Nicolás Ruiz, debido a que este municipio tiene un SDF que se construyó para que operara como un relleno sanitario, a pesar de que no tiene cerca un cuerpo de agua genera una mala imagen y es fuente de contaminación y de posible daño a la salud pública. Las coordenadas son las siguientes en UTM WGS84: x= 543218; Y= 1816617.</p>		
<b>Objetivo de la medida:</b>		
<p>Evitar que los sitios de disposición final funcionen como tiraderos clandestinos.</p> <p>Evitar mayor cantidad de sitios de disposición final</p> <p>Evitar mayor contaminación al suelo, al agua, al aire y cambios en el paisaje de sitios clausurados.</p>		
<b>Documento en el que se incluye:</b>	<b>Lugar de ejecución</b>	
	Municipios de la CCS	
<b>Entidad responsable de gestión</b>	<b>Prioridad</b>	
LIBRE: PNCS, CONANP, GOBIERNO DEL ESTADO, OSC	Media	
<b>Normatividad aplicable</b>	<b>Índices o indicadores</b>	
	No. De sitios saneados	

MEDIDA DE CORRECCIÓN		FICHA 6
<b>Actividad:</b>	<b>Factor o elemento ambiental dirigido:</b>	
Clausura y reubicación de sitios de disposición final	Paisaje	
<b>Impacto al que se dirige:</b>	<b>Acción que se intenta paliar:</b>	
Acumulación de residuos en el PNCS	Disposición inadecuada de residuos sólidos urbanos	
<b>Tipo de medida:</b>	<b>Definición de la medida:</b>	
Preventiva/Correctiva		
<b>Descripción de la medida:</b>		
<p>Es necesario clausurar los SDF que a continuación se mencionan por dos motivos a) no cumplen con la normatividad ambiental y b) son sitios que al estar cerca de ríos tienen mayor efecto en la acumulación de residuos en el Río Grijalva y por ende son los que tienen mayor impacto al PNCS.</p> <p><b>Osumacinta.</b> En el caso de este municipio presenta dos SDF y ambos se encuentran a un costado del embalse de la Presa Chicoasén, motivo por el cual es necesario su reubicación.</p> <p><b>Emiliano Zapata:</b> En el caso de este municipio de nueva creación el sitio de disposición final está a un costado del río que desemboca directamente al Río Grijalva, motivo por el cual es necesario la reubicación.</p> <p><b>Acala:</b> en este municipio el SDF se encuentra cerca de un río intermitente que posteriormente conduce a un río perenne y posteriormente desemboca al Río Grijalva.</p> <p><b>Totolapa:</b> En el caso del municipio de Totolapa está a una distancia menor a 500 m de un río perenne</p> <p><b>San Lucas:</b> El que se usa actualmente está aledaño un río de carácter intermitente.</p>		
<b>Objetivo de la medida:</b>		
<p>Evitar que los sitios de disposición final funcionen como tiraderos clandestinos.</p> <p>Evitar mayor cantidad de sitios de disposición final</p> <p>Evitar mayor contaminación al suelo, al agua, al aire y cambios en el paisaje de sitios clausurados.</p>		
<b>Documento en el que se incluye:</b>	<b>Lugar de ejecución</b>	
	Municipios de la CCS	
<b>Entidad responsable de gestión</b>	<b>Prioridad</b>	
PROFEPA, Gobierno del Estado y Ayuntamientos municipales	Media	
<b>Normatividad aplicable</b>	<b>Índices o indicadores</b>	
LGEEPA Y LGPGIR	No de sitios clausurados o Municipios con SDF adecuados.	

MEDIDA DE PREVENCIÓN		FICHA 7
<b>Actividad:</b>	<b>Factor o elemento ambiental dirigido:</b>	
Señalización y vigilancia de sitios abandonados de disposición final de residuos sólidos urbanos	Paisaje	
<b>Impacto al que se dirige:</b>	<b>Acción que se intenta paliar:</b>	
Acumulación de residuos en el PNCS	Disposición inadecuada de residuos sólidos urbanos	
<b>Tipo de medida:</b>	<b>Definición de la medida:</b>	
Preventiva/Correctiva		
<b>Descripción de la medida:</b>		
<p>En el caso de los sitios de disposición final (SDF) de residuos sólidos urbanos que ya no operan, es necesario llevar a cabo su clausura formal, incluyendo las siguientes medidas: tener un estricto control y seguimiento que involucre por lo menos la limpieza, comunicar a la sociedad de su clausura, señalar, cercar y vigilar el sitio continuamente con la intención de evitar que la sociedad vuelva a depositar residuos, debido a que éstos sitios fueron reconocidos como basureros, por ello pueden convertirse en sitios clandestinos de disposición final como se observó en los municipios de San Fernando, Villaflores y Chiapa de Corzo.</p> <p>A continuación se especifica en el caso de la cuenca en qué municipios y lugares específicos se requiere aplicar la medida:</p> <p>El anterior SDF del municipio de San Fernando ubicado en las siguientes coordenadas UTM: X=481056 y Y:1871986</p> <p>El anterior SDF del municipio de Chiapa de Corzo que se ubica en las siguientes coordenadas UTM: X=0502638 y Y: 1848318; como referencia era la entrada al anterior SDF y queda a línea de carretera en el tramo para llegar al nuevo SDF del municipio.</p> <p>El SDF de la comunidad 16 de septiembre que pertenece al municipio de Villaflores dejó de ser SDF debido a que los residuos se disponen en el relleno sanitario del municipio, no obstante que se encuentra cercado, es necesario llevar el seguimiento, control y señalización. El sitio se encuentra en las siguientes coordenadas UTM: X:0482019 y Y:1802081</p> <p>En el caso del municipio de San Lucas, que ha tenido varios SDF dependiendo del trienio, si es importante determinar y elegir una zona como SDF exclusivo para el municipio que cumpla con la normatividad, y no se establezcan nuevas zonas dependiendo del trienio municipal porque se está contaminando diferentes zonas, además de que propicia conflictos sociales nuevos. Por ello es necesario tener el seguimiento, control y señalización de estos sitios.</p>		
<b>Objetivo de la medida:</b>		
<p>Evitar que los anteriores sitios de disposición final funcionen como tiraderos clandestinos.</p> <p>Evitar mayor cantidad de sitios de disposición final</p> <p>Evitar mayor contaminación al suelo, al agua, al aire y cambios en el paisaje de sitios clausurados.</p>		
<b>Documento en el que se incluye:</b>	<b>Lugar de ejecución</b>	
	Municipios de Villaflores, Chiapa de Corzo, San Fernando y San Lucas.	
<b>Entidad responsable de gestión</b>	<b>Prioridad</b>	
Gobierno del Estado y Ayuntamientos municipales	Media	
<b>Normatividad aplicable</b>	<b>Índices o indicadores</b>	
NOM-083-SEMARNAT-2003	Número de sitios saneados, Número de sitios vigilados.	

MEDIDA DE CORRECCIÓN		FICHA 8
<b>Actividad:</b>	<b>Factor o elemento ambiental dirigido:</b>	
Normatividad más estricta respecto a residuos sólidos urbanos	Paisaje	
<b>Impacto al que se dirige:</b>	<b>Acción que se intenta paliar:</b>	
Acumulación de residuos en el PNCS	Disposición inadecuada de residuos sólidos urbanos	
<b>Tipo de medida:</b>	<b>Definición de la medida:</b>	
Preventiva/Correctiva		
<b>Descripción de la medida:</b>		
<p>Es importante promulgar normatividad más estricta respecto a los residuos sólidos urbanos tanto municipal como estatal, para evitar nuevos tiraderos a cielo abierto a orillas de carreteras, ríos, barrancas, sitios baldíos, e incluso tirar los residuos fuera de horarios y zonas establecidas, entre otros. Para ello es importante que la normatividad incluya los siguientes aspectos:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Sanciones, multas y tequios (labor comunitaria)</li> <li>2. Supervisión y vigilancia</li> <li>3. Aplicación de la ley.</li> <li>4. Difusión</li> </ol>		
<b>Objetivo de la medida:</b>		
<p>Evitar que la sociedad tire los residuos en la calle.  Evitar mayor cantidad de tiraderos a cielo abierto.  Evitar que la gente tire los residuos en la calle, en los ríos, en las cañadas y en otras áreas inadecuadas.  Generar una buena imagen urbana.</p>		
<b>Documento en el que se incluye:</b>	<b>Lugar de ejecución</b>	
	Municipios de la CCS	
<b>Entidad responsable de gestión</b>	<b>Prioridad</b>	
Gobierno del Estado y ayuntamientos municipales	Media	
<b>Normatividad aplicable</b>	<b>Índices o indicadores</b>	
No aplica	No de sanciones al año, número de sitios atendidos. Número de denuncias atendidas.	

MEDIDA DE PREVENCIÓN		FICHA 9
<b>Actividad:</b>	<b>Factor o elemento ambiental dirigido:</b>	
Generar acciones para la minimización, reutilización, reciclado, recaudación y disposición final adecuada de residuos peligrosos dentro de los RSU a nivel de Cuenca.	Paisaje, calidad de agua,	
<b>Impacto al que se dirige:</b>	<b>Acción que se intenta paliar:</b>	
Acumulación de residuos en el PNCS	Disposición inadecuada de residuos sólidos urbanos	
<b>Tipo de medida:</b>	<b>Definición de la medida:</b>	
Preventiva/Correctiva		
<b>Descripción de la medida:</b>		
<p>En el caso de los residuos peligrosos que se generan en el hogar, como cualquier residuo, lo importante es evitar generarlos, poder reducirlos, reutilizarlos y reciclar cuantas veces sea posible, también es importante el interés y la participación tanto del gobierno como de la población en general, porque el generador tiene que tener bien claro en todo momento, que es su responsabilidad minimizar los residuos peligrosos que genera en su hogar, debido a ello es importante una buena sensibilización social para poder identificar este tipo de residuos y de realizar un buen manejo.</p> <p>A continuación se presentan algunos ejemplos de estrategias para minimizar los residuos peligrosos en el hogar:</p> <p><u>Recolección permanente o intercambio de productos.</u> A nivel municipal o regional se pueden asignar instalaciones o servicios de recolección de productos domésticos peligrosos durante todo el año. Algunas de estas instalaciones o servicios en otros lugares poseen áreas de intercambio para restos o sobrantes de pinturas, disolventes, pesticidas, productos de limpieza para el automóvil y otros materiales, así como medicamentos. Usando estas instalaciones o servicios, estos materiales pueden ser utilizados por otras personas en vez de ser desechados.</p> <p><u>Días especiales de recolección.</u> Si no se tiene un sistema de recolección de desechos domésticos peligrosos durante todo el año, se pueden destinar días especiales (semanal, mensual, etc.) o a través de campañas para la recolección de residuos sólidos en una instalación central que asegure un manejo y desecho seguro.</p>		
<b>Objetivo de la medida:</b>		
Evitar la mala disposición final de residuos peligrosos que se generan en el hogar Recuperar, reducir y reutilizar los residuos peligrosos que se generan en el hogar Evitar la contaminación de suelos y cuerpos de agua por residuos peligrosos que se generan en el hogar. Evitar que la gente tire los residuos en la calle, en los ríos, en las cañadas y en otros cuerpos de agua. Concienciar a la sociedad sobre acciones sencillas para evitar que los residuos lleguen al PNCS		
<b>Documento en el que se incluye:</b>	<b>Lugar de ejecución</b>	
	Municipios de la CCS	
<b>Entidad responsable de gestión</b>	<b>Prioridad</b>	
LIBRE: PNCS, CONANP, Gobierno del Estado, ayuntamientos municipales, OSC	Media	
<b>Normatividad aplicable</b>	<b>Índices o indicadores</b>	
LGPGRS	No de campañas realizadas al año, No de centros de acopio a nivel de cuenca.	

MEDIDA DE PREVENCIÓN		FICHA 10
<b>Actividad:</b>	<b>Factor o elemento ambiental dirigido:</b>	
Generar un manejo adecuado de los envases de agroquímicos	Paisaje	
<b>Impacto al que se dirige:</b>	<b>Acción que se intenta paliar:</b>	
Acumulación de residuos en el PNCS	Disposición inadecuada de residuos sólidos urbanos	
<b>Tipo de medida:</b>	<b>Definición de la medida:</b>	
Preventiva/Correctiva		
<b>Descripción de la medida:</b>		
<p>De los residuos de plásticos encontrados en el PNCS durante los muestreos, los envases de agroquímicos representaron el 14.89%, debido a ello es necesario que se realicen las siguientes actividades:</p>		

### **Campañas de difusión**

Realizar campañas de difusión y participación comunitaria sobre el manejo y gestión de los envases residuales de agroquímicos después de su uso, porque quedan remanentes de los productos que contenían y por ende es necesario eliminarlos de una manera correcta y segura.

### **Promover y fomentar el Triple Lavado (TL)**

El triple lavado consiste en enjuagar tres veces el envase vacío. El realizar el triple lavado tiene 3 ventajas que son: *Economía* (por el aprovechamiento total del producto), *Seguridad* (en el manipuleo y disposición posterior de los envases) y *Protección Ambiental* (al eliminar o minimizar factores de riesgo). Estudios de laboratorio realizados por la AMIFAC y asociaciones de otros países de América Latina, así como datos bibliográficos (EPA; USP (Brasil), Holanda, etc.) han demostrado que al realizar el triple lavado a los envases de plástico rígido se elimina más del 99.99 % de los restos del producto en el envase (AMIFAC, 2007).

El triple lavado consiste en los siguientes pasos: los envases deben escurrirse totalmente al agotar su contenido (en ese momento y no después) manteniéndolos en posición de descarga por no menos de 30 segundos, sobre la boca de la máquina de aspersión. Luego se procede (Primer paso del TL) a llenar el envase vacío con el agua empleada para la dilución del producto formulado aproximadamente hasta una cuarta parte de su volumen total. Se ajusta el tapón y se agita fuertemente (Segundo paso). Finalmente el agua proveniente de esta limpieza se vuelca en el tanque aspersor para ser utilizado en la tarea de protección del cultivo prevista y formará parte de la dosis de aplicación (Tercer paso). Esta operación se debe repetir por lo menos dos veces más, especialmente en aquellos envases que contengan productos viscosos. Cuanto menor sea la cantidad de agua de lavado que quede en éste, entre un enjuague y otro, más efectiva será la descontaminación. Es importante señalar que el agua utilizada en el lavado debe provenir de cañerías, canillas o bidones llevados “ad hoc”, nunca de canales de riego, cursos de agua o lagunas cercanas ya que correrían riesgo cierto de contaminación.

### **Recuperación de envases a través de los Centros de Acopio temporal y Primarios**

A través de la “Cruzada Nacional por un México Limpio”, impulsada por el Gobierno Federal en el 2001, se incorporó posteriormente el Plan de Manejo de Envases Vacíos de Agroquímicos y afines (PLAMEVAA) denominado “Conservemos un Campo Limpio”, a pesar de que es un programa o acción importante, el hecho de que exista un centro de acopio no es suficiente para darle solución al problema de los contenedores vacíos de agroquímicos, es importante darle la difusión y concienciación para su participación social, porque en el caso estudio que se realizó como parte de este trabajo fue en el Municipio de Acala, Chiapas, donde existe un centro de acopio temporal, sin embargo, no se le ha dado la difusión necesaria, debido a que el mismo personal del ayuntamiento desconocía de este dato, así como los municipios aledaños que corresponden a su zona de influencia desconocían de este centro de acopio.

### **Promover el retorno de los envases de agroquímicos vacíos**

Promover el retorno de los envases de agroquímicos vacíos a través de los centros distribuidores, campañas de recolección o los centros de acopio temporal. Esto puede realizarse porque algunos municipios distribuyen agroquímicos de forma gratuita a los campesinos, es por ello que de esta forma se puede generar conciencia y asegurar el retorno de los envases vacíos como canje.

### **Objetivo de la medida:**

Evitar la disposición final inadecuada de los envases de agroquímicos vacíos  
Recuperar, reducir y disponer adecuadamente los envases de agroquímicos vacíos  
Evitar la contaminación de suelos, biodiversidad y cuerpos de agua que causan los envases de agroquímicos vacíos  
Evitar que la gente tire los envases de agroquímicos vacíos en los campos, ríos, cañadas y otros cuerpos de agua.  
Concienciar a la sociedad sobre acciones sencillas para evitar que los envases de agroquímicos vacíos lleguen al PNCS dando a conocer la problemática que representa.  
Concienciar a la sociedad sobre la problemática de la contaminación de los envases de agroquímicos vacíos

### **Documento en el que se incluye:**

### **Lugar de ejecución**

Municipios de la CCS

### **Entidad responsable de gestión**

### **Prioridad**

LIBRE: PNCS, CONANP, GOBIERNO DEL ESTADO, OSC      Media

### **Normatividad aplicable**

### **Índices o indicadores**

Artículo 143 y 144 de la LGEEPA, LGPGIR, NOM-052-1993. NOM-044-SSAI-1993. NOM-045-SSAI-1993.

No de eventos al año, No de población atendida, No de talleres realizados, No de municipios atendidos, La edición en el libro de ERA.

MEDIDA DE CORRECCIÓN		FICHA 11
<b>Actividad:</b>	<b>Factor o elemento ambiental dirigido:</b>	
Proponer las acciones de restauración de suelos, entre laminar y de cárcavas	Paisaje	
<b>Impacto al que se dirige:</b>	<b>Acción que se intenta paliar:</b>	
Acumulación de residuos en el PNCS	Cambio de uso de suelo	
<b>Tipo de medida:</b>	<b>Definición de la medida:</b>	
Preventiva/Correctiva		
<b>Descripción de la medida:</b>		
<p>A partir del muestreo en campo se estimó que el 65% de la madera que se encuentra en el río es lo que se debería de retener en la cuenca como parte de los procesos naturales de degradación que aportan la fracción orgánica del suelo, sin embargo, es natural que exista arrastre de sedimentos y de material orgánico como consecuencia de la dinámica natural de la cuenca, pero debido a las tasas de erosión y pérdida de cobertura vegetal se requiere implantar como medidas de mitigación prácticas de conservación de suelos. Para ello se recomiendan las siguientes medidas.</p> <p><b><u>Control de erosión en cárcavas:</u></b> Para este rubro se pueden realizar <b>presas</b> u obras en <b>taludes</b>, en el caso de presas pueden ser: de malla de alambre electrosoldado o ciclónica (\$564); de morillo (\$114), de ramas (\$74), de piedra acomodada (\$423), de geocostales (\$429), de llantas (\$331), de mampostería (\$922) o de gaviones (\$664), económicamente se tiene calculado el costo total por metro cúbico incluyendo los jornales y materiales a utilizar y los precios pueden variar desde \$74.00 en el caso de las presas de ramas, \$114.00 de morillo hasta \$664.00 o \$922.00 en presa de gaviones o de mampostería respectivamente. Una de las ventajas es que se pueden reutilizar materiales que se encuentren en el sitio o de desecho, materiales durables y de bajo costo como son las presas de morillo, ramas, piedra y llantas. Las ventajas de estas obras son las siguientes: controlar la erosión, reducir la velocidad de la escorrentía, impedir el crecimiento en profundidad y anchura de las cárcavas, retener azolves y suelo, disminuir la cantidad y velocidad de los escurrimientos, estabilizar las cárcavas, permitir la acumulación de sedimentos favorables para el establecimiento de cobertura vegetal, permitir el flujo normal de escurrimientos superficiales, incrementar la calidad del agua, proteger obras de infraestructura rural y almacenar agua (Cardoza et al., 2007).</p> <p><b><u>Obras para el control de erosión laminar:</u></b> Para este rubro pueden ser <b>obras de terrazas</b> (terrazas de muro vivo, de formación sucesiva, individuales o barreras de piedra en curvas a nivel), <b>Zanjas</b> (Zanjas trincheras, sistema de zanja bordo, zanjas derivadoras de escorrentía, bordos en curvas a nivel y roturación) y <b>prácticas vegetativas</b> (como cortinas rompevientos, enriquecimiento de acahuales, sistemas agroforestales y acomodo de material vegetal muerto) (Cardoza et al., 2007).</p>		
<b>Objetivo de la medida:</b>		
Evitar que los residuos de madera lleguen al PNCS Controlar la erosión dentro de la Cuenca del Cañón del Sumidero.		
<b>Documento en el que se incluye:</b>	<b>Lugar de ejecución</b>	
	Municipios de la CCS	
<b>Entidad responsable de gestión</b>	<b>Prioridad</b>	
LIBRE: PNCS, CONANP, GOBIERNO DEL ESTADO, OSC	Media	
<b>Normatividad aplicable</b>	<b>Índices o indicadores</b>	
No aplica	No de eventos al año, No de población atendida, No de talleres realizados, No de municipios atendidos, La edición en el libro de ERA.	

MEDIDA DE PREVENCIÓN		FICHA 12
<b>Actividad:</b>	<b>Factor o elemento ambiental dirigido:</b>	
Realizar un programa de conservación de los Bosques de Galería	Paisaje, Suelo	
<b>Impacto al que se dirige:</b>	<b>Acción que se intenta paliar:</b>	
Acumulación de residuos en el PNCS	Cambio de uso de suelo	
<b>Tipo de medida:</b>	<b>Definición de la medida:</b>	
Preventiva/Correctiva		
<b>Descripción de la medida:</b>		
<p>A través de la identificación hasta especie de la madera efectuada por especialistas, se pudo determinar que el 60% de las especies que representan el 77.52% en peso viven en un hábitat que se asocia a ríos y arroyos (Bosque de Galería).</p> <p>Con base en ello, es importante realizar acciones para la conservación y protección de los Bosques de Galería a nivel de Cuenca del Cañón del Sumidero.</p>		
<b>Objetivo de la medida:</b>		
Evitar que los residuos de madera lleguen al PNCS		
<b>Documento en el que se incluye:</b>	<b>Lugar de ejecución</b>	
	PNCS en la zona denominada el Playón	
<b>Entidad responsable de gestión</b>	<b>Prioridad</b>	
LIBRE: CONAFOR, CONANP, Gobierno del Estado, ayuntamientos municipales, Secretaría de Medio Ambiente, OSC	Alta	
<b>Normatividad aplicable</b>	<b>Índices o indicadores</b>	
	Número de ríos atendidos. Superficie de ríos conservados.	

MEDIDA DE PREVENCIÓN		FICHA 13
<b>Actividad:</b>	<b>Factor o elemento ambiental dirigido:</b>	
Programa de remoción de troncos y ramas de las márgenes de los ríos	Paisaje	
<b>Impacto al que se dirige:</b>	<b>Acción que se intenta paliar:</b>	
Acumulación de residuos en el PNCS	Cambio de uso de suelo	
<b>Tipo de medida:</b>	<b>Definición de la medida:</b>	
Preventiva/Correctiva		
<b>Descripción de la medida:</b>		
<p>Como parte de las actividades estatales y municipales dentro de su programa operativo anual, consolidar campañas para la remoción de troncos y ramas de las márgenes de los ríos.</p> <p>Primeramente se propone identificar las zonas de los cuerpos de agua (ríos, lagos, lagunas, manantiales, etc.) donde se acumulan restos de madera (troncos y ramas) para posteriormente realizar una extracción de este material y las comunidades cercanas puedan reutilizarlo, si no fuera posible, disponerlos en zonas adecuadas evitando que pueda ser causa de incendios a corto, mediano o largo plazo.</p>		
<b>Objetivo de la medida:</b>		
Evitar que los residuos de madera lleguen al PNCS Aprovechar los residuos de madera.		
<b>Documento en el que se incluye:</b>	<b>Lugar de ejecución</b>	
	Municipios de la CCS	
<b>Entidad responsable de gestión</b>	<b>Prioridad</b>	
LIBRE: PNCS, CONANP, GOBIERNO DEL ESTADO, OSC	Media	
<b>Normatividad aplicable</b>	<b>Índices o indicadores</b>	
No aplica	Toneladas anuales levantadas. No. De sitios atendidos.	

<b>Actividad:</b>	<b>Factor o elemento ambiental dirigido:</b>
Promover rellenos sanitarios intermunicipales que sean funcionales, sostenibles y con planta de aprovechamiento de residuos.	Paisaje
<b>Impacto al que se dirige:</b>	<b>Acción que se intenta paliar:</b>
Acumulación de residuos en el PNCS	Disposición inadecuada de residuos sólidos urbanos
<b>Tipo de medida:</b>	<b>Definición de la medida:</b>
Preventiva/Correctiva	
<b>Descripción de la medida:</b>	
<p>No obstante que en muchos países la construcción y operación de rellenos sanitarios es una alternativa obsoleta y en muchos casos poco prometedora para los objetivos ambientales, en nuestro país aún se siguen realizando, incluso existen actualmente proyectos para la construcción y operación de rellenos sanitarios, sin embargo, es importante destacar que mientras opere correctamente es una alternativa funcional y que podría ser benéfica y factible, porque tal vez no exista hasta el momento alguna otra alternativa en nuestro país a pesar de que existen investigaciones en el tema; es por eso que a continuación se dan las siguientes recomendaciones, en el caso de que se tenga planeado construir un relleno sanitario intermunicipal como es en el caso del municipio de Chiapilla:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Garantizar legalmente la tenencia de la tierra y los acuerdos con los vecinos previamente a la construcción del relleno sanitario, porque en muchos casos el no abordar o resolver esta parte legal y social impiden la operación total de los rellenos sanitarios, desperdiciando la infraestructura, el monto invertido, generando conflictos y convirtiendo los rellenos sanitarios en elefantes blancos, como ha pasado en otros municipios del estado de Chiapas, tal es el caso del municipio de San Fernando Chiapas.</li> <li>2. Analizar y garantizar los gastos de construcción, operación y cierre de los rellenos sanitarios, porque en muchas ocasiones los municipios no pueden cubrir estos gastos y se convierten nuevamente en basureros, desperdiciando la infraestructura construida. Por ello es importante integrar los programas de aprovechamiento, como una forma de autogestión de recursos económicos y elevar la vida útil del relleno sanitario. Los gastos de operación incluyen entre otros: Personal, maquinaria, material de cobertura, gastos de oficina como luz y agua. En el caso de que los municipios no operen los rellenos sanitarios sino un particular, es necesario contemplar el pago del servicio, porque en muchas ocasiones los municipios se endeudan.</li> <li>3. Si es un relleno sanitario intermunicipal, es importante establecer los acuerdos pertinentes desde un inicio con los municipios involucrados, para impedir conflictos de operación a futuro o evasión de responsabilidades. Se sugiere este apartado porque los municipios de San Lucas, Totolapa y Acala que se supone están considerados para que dispongan sus residuos en el relleno sanitario intermunicipal de Chiapilla desconocían el proyecto.</li> <li>4. Integrar un programa de aprovechamiento de los residuos sólidos urbanos es una alternativa importante que no se ha explotado de manera formal y que tiene los siguientes beneficios: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Aprovechamiento económico</li> <li>• Minimización del volumen y peso de los residuos sólidos.</li> <li>• Aumento de vida útil de los rellenos sanitarios o los sitios de disposición final.</li> <li>• Reducción en los impactos ambientales</li> <li>• Generación de fuentes de empleo y</li> <li>• Mejorar la calidad de vida de los pepenadores.</li> </ul> </li> </ol>	
<b>Objetivo de la medida:</b>	
Evitar que los RSU de la CCS lleguen al PNCS. Promover un aprovechamiento de los RSU. Fomentar un manejo adecuado de los RSU.	
<b>Documento en el que se incluye:</b>	<b>Lugar de ejecución</b>
	Municipios de la CCS
<b>Entidad responsable de gestión</b>	<b>Prioridad</b>
LIBRE: PNCS, CONANP, GOBIERNO DEL ESTADO, OSC	Media
<b>Normatividad aplicable</b>	<b>Índices o indicadores</b>
No aplica	Municipios con rellenos sanitarios bien operados. Municipio que cuenten con un programa de aprovechamiento de residuos sólidos urbanos.

**Actividad:** Establecer un programa permanente de limpieza del PNCS los 365 días del año. **Factor o elemento ambiental dirigido:** Paisaje, Suelo

**Impacto al que se dirige:** Acumulación de residuos en el PNCS  
Disposición final de residuos dentro del PNCS

**Acción que se intenta paliar:** Cambio de uso de suelo  
Disposición inadecuada de residuos sólidos urbanos  
Disposición inadecuada de residuos por las acciones de limpieza en el Río Grijalva  
Evitar la contaminación del suelo.

**Tipo de medida:** Preventiva/Correctiva

**Definición de la medida:**

**Descripción de la medida:**  
Realizar la limpieza del PNCS los 365 días del año a través de campañas intensivas, por lo que es necesario generar un plan de trabajo más adecuado atendiendo las zonas de mayor vista al turismo, así como los otros 8 sitios identificados implantando acciones combinadas de limpieza manual y mecánica, retirar la madera y plástico fuera del PNCS. Esto por tres motivos, a) Ambientalmente no es saludable que los residuos queden dentro de la misma ANP b) Los sitios donde actualmente se dispone los residuos de madera están llegando a su vida útil y no es pertinente abrir nuevos sitios c) La madera puede adquirir un valor agregado al ser aprovechada.  
Actualmente se tiene la experiencia de realizar las acciones de limpieza a través de la administración pública y a través de una empresa privada. Contratar a una empresa para el retiro de los residuos sólidos en el PNCS puede ser una excelente opción mientras se vigilan ciertos detalles, como es el peso correcto de los residuos. Sin embargo, resultaría óptimo combinar dichos esfuerzos.

	Administración pública	Empresa Privada
<b>Costo por retirar 1t de residuos</b>	\$940.54	\$1,642.03
<b>Eficiencia</b>	5.69 t/día	15.98 t/día
<b>Disposición final</b>	Dentro del Área Natural Protegida	Fuera del Área Natural Protegida
<b>Inconvenientes</b>	No trabajan como debe de ser, porque muchas veces llegan tarde a trabajar, deben de tener un plan de trabajo más adecuado. Por cuestiones administrativas en ocasiones se ven paradas las actividades	Mojaban la madera para incrementar los honorarios Establecieron sitios de disposición temporal dentro del río que no fueron limpiados.

**Objetivo de la medida:**

Retirar los residuos de plástico y madera fuera del PNCS  
Evitar posibles incendios dentro del PNCS a causa de la disposición de los residuos de madera dentro de la ANP

**Documento en el que se incluye:**

**Lugar de ejecución:** PNCS en la zona denominada el Playón

**Entidad responsable de gestión:** LIBRE: PNCS, CONANP, Gobierno del Estado, OSC

**Prioridad:** Alta

**Normatividad aplicable:**

**Índices o indicadores:** Toneladas retiradas por día o año

MEDIDA DE CORRECCIÓN		FICHA 16
<b>Actividad:</b>	<b>Factor o elemento ambiental dirigido:</b>	
Retirar los residuos de plástico y estudio del contenido de los residuos de agroquímicos que se ubican en el Playón.	Paisaje, Suelo	
<b>Impacto al que se dirige:</b>	<b>Acción que se intenta paliar:</b>	
Disposición final de residuos dentro del PNCS	Disposición inadecuada de residuos sólidos por las acciones de limpieza en el río Grijalva	
<b>Tipo de medida:</b>	<b>Definición de la medida:</b>	
Preventiva/Correctiva		
<b>Descripción de la medida:</b>		
<p>Una de las acciones necesarias e inmediatas a realizar es retirar los residuos plásticos ubicados en la zona denominada "El Playón" y disponerlos en el relleno sanitario de Tuxtla Gutiérrez, en el caso de que presente algún inconveniente por la presencia de contenedores de agroquímicos, lo que puede realizarse es el triple lavado de los contenedores de agroquímicos y de esa forma puede disponerse en el relleno sanitario, pero como para ello tiene que garantizarse es necesario realizarlo en coordinación con cierta institución/organización que lo acredite, para ello puede realizarse con la SAGARPA o la SENASICA, entre otros.</p> <p>Dentro de esta actividad se sugiere que al retirar los residuos de agroquímicos se realice un estudio de estos envases para determinar si los contenedores aún vienen con restos de agroquímicos.</p>		
<b>Objetivo de la medida:</b>		
Evitar la mala disposición final de residuos peligrosos dentro del PNCS		
<b>Documento en el que se incluye:</b>	<b>Lugar de ejecución</b>	
	PNCS en la zona denominada El Playón	
<b>Entidad responsable de gestión</b>	<b>Prioridad</b>	
LIBRE: PNCS, CONANP, Gobierno del Estado, Ayuntamientos municipales, OSC	Alta	
<b>Normatividad aplicable</b>	<b>Índices o indicadores</b>	
Artículo 143 y 144 de la LGEEPA, LGPGIR, NOM-052-1993. NOM-044-SSAI-1993. NOM-045-SSAI-1993.	Toneladas retiradas	

MEDIDA DE CORRECCIÓN		FICHA 17
<b>Actividad:</b>	<b>Factor o elemento ambiental dirigido:</b>	
Realizar un estudio de aprovechamiento de la madera forestal obtenida dentro del Río Grijalva.	Paisaje, Suelo	
<b>Impacto al que se dirige:</b>	<b>Acción que se intenta paliar:</b>	
Disposición final de residuos dentro del PNCS	Disposición inadecuada de residuos por las acciones de limpieza en el río Grijalva	
<b>Tipo de medida:</b>	<b>Definición de la medida:</b>	
Preventiva/Correctiva		
<b>Descripción de la medida:</b>		
<p>En cuanto a composición en peso de los residuos que se acumulan en el Río Grijalva en el PNCS, resultó que el 97.31% es madera, si en 12 años se han recolectado 38,277 toneladas de residuos, eso significa que 37,247.35 toneladas es madera, con base en ello es necesario realizar estudios de factibilidad de proyectos para el aprovechamiento de la madera, donde se incluyan los aspectos técnicos, económicos, ambientales y sociales. Algunas de las alternativas que se sugiere realizar y que han tenido éxito en otros lugares son: a) Páneles termoacústicos a base de residuos de madera para el mercado de la construcción y b) Aprovechamiento potencial de los residuos de la madera para la producción de energía eléctrica o térmica (ya sean leñetas, briquetas, astillas, chips o pellets).</p> <p>Una alternativa localmente propuesta es que el ripio puede reutilizarse para base de orquídeas, esto debido a que ciertos biólogos iban a recuperar cerca del embalse el ripio para usarlo como base para este tipo de especies vegetales.</p>		

<b>Objetivo de la medida:</b>	
Aprovechar los residuos de madera que se acumulan dentro del PNCS	
<b>Documento en el que se incluye:</b>	<b>Lugar de ejecución</b>
	Fuera del PNCS
<b>Entidad responsable de gestión</b>	<b>Prioridad</b>
LIBRE: PNCS, CONANP, Gobierno del Estado, OSC	Alta
<b>Normatividad aplicable</b>	<b>Índices o indicadores</b>
	Toneladas de madera aprovechadas.

<b>MEDIDA DE CORRECCIÓN</b>		<b>FICHA 18</b>
<b>Actividad:</b>	<b>Factor o elemento ambiental dirigido:</b>	
Conservar limpios los embarcaderos y comunicar previamente al turista de la problemática y acciones de limpieza del Cañón del Sumidero	Actividad turística	
<b>Impacto al que se dirige:</b>	<b>Acción que se intenta paliar:</b>	
Impacto a la actividad turística	Impacto desagradable en el Paisaje por la acumulación de residuos en el PNCS	
<b>Tipo de medida:</b>	<b>Definición de la medida:</b>	
Preventiva/Correctiva		
<b>Descripción de la medida:</b>		
<p>Una forma para evitar posibles impactos a la afluencia turística por medio de los residuos sólidos que se acumulan en el PNCS es tomar acuerdos dentro de las mismas cooperativas, si bien es cierto que las acciones actuales no son suficientes para dar una solución al problema, la siguiente recomendación es una iniciativa por parte de alguno de los operadores de las lanchas turísticas (como ellos son los que reciben las quejas directamente han hecho algunas iniciativas que les ha funcionado), en el que previamente al iniciar el recorrido les dan una explicación de que se van a encontrar en una zona con residuos explicándole la causa de la problemática, las acciones que se están realizando para solventar el problema e incluso muestran en el sitio a las personas que están haciendo las labores de limpieza como medidas correctoras, si bien la situación de residuos no es agradable, el turista se van con otra visión porque está anticipado e informado de la problemática, de su causa y de las acciones que se están realizando y esa percepción es mucho mejor que encontrarse de repente con residuos y quejas de que las acciones actuales no son suficientes, y de esta forma el turista se va con una percepción distinta puede participar dando sugerencias al respecto. Esta acción es importante porque el 29% de los visitantes al PNCS son motivados por la recomendación de familiares, amigos, personas que previamente visitaron el lugar e incluso por taxistas y habitantes de Tuxtla Gutiérrez.</p> <p>Otra de las acciones que es sumamente importante es que las operadoras turísticas tengan limpio sus embarcaderos, sus lanchas, que carguen e inviten a no tener basura y si tienen que la guarden o que la den al operador.</p>		
<b>Objetivo de la medida:</b>		
Dar información integrada al turista para que se vaya con una percepción distinta y más agradable, haciéndolo partícipe de la problemática y de la solución.		
<b>Documento en el que se incluye:</b>	<b>Lugar de ejecución</b>	
	Dentro del PNCS	
<b>Entidad responsable de gestión</b>	<b>Prioridad</b>	
Cooperativas turísticas de vía acuática	Alta	
<b>Normatividad aplicable</b>	<b>Índices o indicadores</b>	
	Número de quejas por recorrido	

## CONCLUSIONES

La acumulación de residuos sólidos que se da en el área navegable del Parque Nacional Cañón del Sumidero proviene de los 16 municipios que conforman la Cuenca del Cañón del Sumidero, los residuos orgánicos, que representan el 97% en peso, derivan de las altas tasas de deforestación y erosión, los residuos inorgánicos, que representan el 3% en peso, provienen de la creciente demanda en el consumo de productos plásticos, aunado a la falta de aprovechamiento, conciencia, cultura y legislación ambiental para manejarlos adecuadamente.

Una de las situaciones a nivel de cuenca y que es común a todo el Estado, es la gran cantidad de localidades que presenta un municipio, representando una dificultad en cuanto a tiempo, combustible y equipo para brindar el servicio de recolección y disposición final de residuos. Sin embargo, en el caso de las localidades que tienen el servicio de recolección, por estar a una distancia lejana al SDF del municipio, cada una tiene su propio sitio de disposición final, esto implica la existencia de muchos tiraderos a cielo abierto que en su mayoría no cumplen con la normatividad ambiental (el 82.14% de los sitios disposición final en la CCS), convirtiéndose en focos de infección y contaminación, y al estar muchos de ellos aledaños a cuerpos de agua, contribuyen a que los residuos lleguen al PNCS.

Con respecto a la evaluación de impacto ambiental, el componente mayormente afectado es el *paisaje*, valorado como un impacto severo. No obstante, la actividad turística muestra una tendencia de aumento, por lo que se considera que actualmente hay ausencia de impacto, esta situación es favorecida por la difusión turística a nivel nacional sobre el estado de Chiapas y de sus lugares turísticos, entre ellos el Cañón del Sumidero, que ha sido impulsada desde el año 2006 hasta la actualidad. Otro fenómeno que mitiga el impacto es la sensación final del visitante al PNCS, la belleza del paisaje está por encima del efecto que causan los residuos.

Con respecto al impacto sobre la fauna (aves, cocodrilos y peces), no obstante que existen afectaciones debidas a causas desconocidas ya reportadas, existe peligro de toxicidad aguda o crónica debido al contenido remanente de envases de agroquímicos que se encuentran entre los residuos plásticos que se acumulan en el río. De estos grupos el que mayor riesgo presenta son los peces. Sin embargo, el impacto en los componentes restantes es compatible.

Uno de los elementos que se consideraba podría ser impactado por la probable incidencia de incendios es la vegetación, pero al realizar el estudio de impacto ambiental resultó no haber impacto por el momento, sin embargo, en este elemento se recomienda realizar un estudio más específico.

En cuanto a composición en peso de los residuos que se acumulan en el Río Grijalva en el PNCS, a través de los muestreos, la madera presente resultó ser mayor en porcentaje y una cantidad mínima la porción de plásticos, estos resultados coinciden en gran medida con los reportados por la CONANP.

Respecto a la caracterización de la madera, cerca de la mitad está en *proceso de descomposición*, situación que impidió su identificación a especie, sin embargo, de la madera que pudo identificarse, la mayoría corresponde a especies que se encuentra exclusivamente en los Bosques de Galería y que realizan una protección natural contra la erosión, la retención y reducción de la velocidad del agua, así como el control de inundaciones, por ello es de gran importancia realizar prácticas de conservación del Bosque de Galería. Esta situación se

complementa con el estudio multitemporal, donde una de las áreas más afectadas como pérdida de vegetación es la vegetación riparia, en especial la del Río Santo Domingo.

Respecto a los plásticos, los contenedores de PET (polietileno de tereftalato) ocupan el primer lugar, el segundo lugar “plásticos generales” como: pelotas, juguetes, utensilios de plástico como tenedores y cucharas, popotes, unisel, suelas de zapato, corcho latas, taparroscas y bolsas de frituras, en tercer lugar lo ocupa los contenedores de agroquímicos y finalmente el cuarto lugar lo representa HDPE (polietileno de alta densidad).

Con respecto a las áreas que presentan una deforestación en la Cuenca, realmente todos los municipios han sufrido una pérdida en la cobertura vegetal, sin embargo, los municipios de Acala, San Lucas, Chiapa de Corzo, Zinacantán y Villaflores son las que presentan zonas que requieren mayor atención por presentar grandes cambios en la pérdida de la cobertura vegetal.

Como parte de las actividades de limpieza del Río Grijalva, únicamente se da atención al tramo correspondiente a los sitios denominados “El Tapón” hasta “Arbol de navidad”, sin embargo, a través de este estudio se descubrieron 8 sitios relevantes más pero, debido a la falta de presupuesto y a que muchos de ellos no está a la vista de los turistas, no existen acciones de limpieza, situación que con los años puede agravarse. De forma aproximada y con la eficiencia mostrada hasta el momento se estima que retirar todos los residuos que se encuentra actualmente en el PNCS podría requerir entre 7 y 15 años.

A nivel nacional no se tiene antecedente de una investigación de este tipo o al menos no se ha publicado; la CFE y la CONAGUA no disponen de información cualitativa y cuantitativa actualizada sobre las características del impacto y sobre la composición y características de los residuos que son acarreados por la acción del agua a las presas, por esta razón las medidas de mitigación y recomendaciones que se proponen en el presente trabajo de investigación se sugiere que sean consideradas dentro del plan de manejo de la Cuenca del Cañón del Sumidero, así como dentro de las acciones de la reciente creación de la Junta Intermunicipal de la Cuenca del Cañón del Sumidero (JICCA) que tiene como objetivo de conformar un organismo público descentralizado entre los 16 municipios de la cuenca del Cañón del Sumidero, que permita dar viabilidad y continuidad a los trabajos de restauración de la cuenca, saneamiento de ríos, manejo de residuos sólidos y cultura ambiental, con un nivel de gestión que permitirá atender el problema de residuos sólidos en el Parque Nacional Cañón del Sumidero; desde su raíz y que complementa esfuerzos a nivel regional con la comisión de cuencas.

## RECOMENDACIONES

Con base en las condiciones a nivel de cuenca, es importante investigar y proponer alternativas de bajo costo, altamente eficientes y ambientalmente responsables en el manejo de los residuos sólidos, en especial en la disposición final, para que sean factibles económicamente al presupuesto de los municipios y así pueda brindarse el servicio de recolección de residuos sólidos a comunidades pequeñas (pero mayor a 2000 habitantes). Es pertinente considerar que estas propuestas cuenten con una visión de aprovechamiento y participación social, incluyendo la cultura de las 3r (reducir, reutilizar y reciclar).

La implementación de un relleno sanitario no garantiza que los residuos sólidos urbanos lleguen a este tipo de infraestructura, por ello es importante garantizar un adecuado manejo de residuos sólidos urbanos en el sistema de limpia municipal que incluya almacenamiento, recolección, aprovechamiento y transferencia eficientes. Pero tan importantes como los aspectos técnicos citados son los de educación, sensibilización y legislación ambiental más estricta, porque no son suficientes todos los esfuerzos técnicos cuando la población civil no es responsable de sus residuos. Un ejemplo de ello son los municipios que impactan mayormente al PNCS por la acumulación de RSU en el Río Grijalva, que son Tuxtla Gutiérrez y Chiapa de Corzo, el primer municipio dispone de un relleno sanitario y el segundo de un sitio controlado, sin embargo, su impacto se debe a los residuos que quedan en la calle y que por acción del viento, la lluvia y los ríos son arrastrados al PNCS.

Previamente a la construcción de un relleno sanitario es importante garantizar los gastos de construcción, operación y cierre, así como brindar asistencia técnica a los municipios. En caso contrario, por falta de presupuesto, maquinaria, certeza en la legalidad de la tenencia de la tierra y asistencia técnica, los municipios no pueden cubrir estas necesidades y los rellenos sanitarios son abandonados o descuidados y se convierten nuevamente en basureros, desperdiciando la infraestructura construida y el presupuesto invertido. De igual forma, es necesario tener un estricto control, seguimiento y vigilancia de sitios de disposición final abandonados, ya que son reconocidos como basureros por la población y es común que lleguen a depositar sus residuos, convirtiéndose en sitios clandestinos de disposición final, como se observó ocurre en los municipios de la CCS.

Uno de los resultados obtenidas en esta tesis es que el impacto ambiental a causa de la acumulación de los residuos sólidos en el río Grijalva se identificó en un nivel moderado, sin embargo es importante considerar en estudios posteriores las emisiones de gases de efecto invernadero que está ocasionando el embalse, porque puede suceder que el impacto de esta madera (97% en peso de los residuos) sea en las emisiones de gases de efecto invernadero porque gran parte se encuentra en proceso de degradación y gran parte también de ella, con el paso del tiempo llega a precipitarse convirtiéndose en material sujeto a emitir gases de efecto invernadero.

Las acciones que se realizan actualmente para la limpieza del PNCS no han sido suficiente. Es indispensable sumar y multiplicar los esfuerzos con un plan de trabajo más adecuado que opere todos los días del año, atendiendo tanto las zonas de visita turística como los 8 sitios identificados en esta tesis, es necesario implementar acciones combinadas entre la limpieza manual y limpieza mecanizada para mejorar la eficiencia de trabajo, así como que se contemple retirar la madera y el plástico fuera del PNCS. Es importante que incluya equipos prácticos y especializados, así como los recursos económicos para el mantenimiento preventivo y correctivo de los equipos.

Es necesaria una mayor inversión de manera constante por parte de las autoridades gubernamentales, y la intervención de diferentes instituciones federales y estatales, así como la participación e involucramiento de los municipios de la CCS. Una de las propuestas sugeridas que es necesario valorar o reflexionar es generar un cobro en el acceso al PNCS exclusivo para la limpieza del río, así como fijar un impuesto a las empresas refresqueras porque también parte de la causa del impacto ambiental es la venta de este tipo de productos.

Es necesario realizar estudios de factibilidad de proyectos para el aprovechamiento de la madera, que incluyan aspectos técnicos, económicos, ambientales y sociales.

Realizar un estudio de evaluación del efecto de las descargas de aguas residuales y de agroquímicos en el Río Grijalva.

## REFERENCIAS

- Alegre C. M., Ruiz R. A., Acuña V. G. (2004). *Gestión integral de los residuos sólidos municipales*. Lima: Ciudad Saludable. Instituto para la calidad Pontificia Universidad Católica del Perú.
- AMIFAC. (2007). *Plan de manejo de envases vacíos de agroquímicos y afines "Conservemos un campo limpio"*. México: Asociación Mexicana de la Industria Fitosanitaria A.C. (AMIFAC).
- Barrera, A. M. (2014). *Programa permanente de residuos sólidos que la Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas ejecuta al interior del Parque Nacional Cañón del Sumidero*. Tuxtla Gutiérrez, Chiapas, México.: CONANP-PNCS.
- Bautista Z. F., Palacio P. J., Delfín G. H. (2011). *Técnicas de muestreo para manejadores de recursos naturales*. México: UNAM.
- Cardoza V. R., Cuevas F., L., García C. J. S., Guerrero H. J., González O. J., Hernández M. H., Vázquez M. C. (2007). *Protección, restauración y conservación de suelos forestales*. Zapopan, Jalisco: Comisión Nacional Forestal (CONAFOR).
- Comisión Mundial de Represas. (2000). *Represas y Desarrollo. Un nuevo marco para la toma de decisiones*. Estados Unidos; Reino Unido: Earthscan Publications Ltd .
- CONAGUA. (2008). *Estadísticas del agua en México*. MÉXICO, D.F.: SEMARNAT.
- CONAGUA. (2009). *Comisión Nacional del Agua (CONAGUA). Plan de manejo integral de la cuenca del Cañón del Sumidero, Chiapas, México*. Tuxtla Gutiérrez, Chiapas.: CONAGUA. INSTITUTO ESTATAL DEL AGUA.
- CONAGUA. (2009). *Plan de Manejo Integral de la Cuenca del Cañón del Sumidero Chiapas-México*. MÉXICO: CONAGUA.
- CONANP. (2007). *Estudio Previo Justificativo para modificar el decreto del Área Natural Protegida Parque Nacional Cañón del Sumidero, Chiapas, México*. México: SEMARNAT-CONANP.
- CONANP. (2007b). *Programa de Conservación y Manejo del Parque Nacional Cañón del Sumidero*. México: SEMARNAT-CONANP.
- CONANP. (2011). *Riqueza y abundancia de aves en el Parque Nacional Cañón del Sumidero* (Vol. Dirección de evaluación y seguimiento. Subdirección de monitoreo). México: SEMARNAT.
- CONANP. (s.f.). *Programa de Uso Público. Parque Nacional Cañón del Sumidero*. CONANP.
- Congreso General de los Estados Unidos Mexicanos. (2007). *Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos*. México, D.F.: Congreso General de los Estados Unidos Mexicanos.
- Diario Oficial de la Federación . (1992). *Norma Mexicana NMX-AA-22-1985. Protección al Ambiente. Contaminación del Suelo. Residuos Sólidos Municipales. Selección y Cuantificación de Subproductos*. México.

- Diario Oficial de la Federación. (1992). *Norma Mexicana NMX-AA-15-1985. Protección al Medio Ambiente - Contaminación del Suelo. Residuos Sólidos Municipales. Muestreo. Método de Cuarteo*. México.
- Diario Oficial de la Federación. (1992). *Norma Mexicana NMX-AA-19-1985. Protección al Ambiente. Contaminación del Suelo. Residuos Sólidos Municipales. Peso Volumétrico "IN SITU"*. México.
- Diario Oficial de la Federación. (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..* México: Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales.
- Díaz V.J.L. (Entrevista personal: 18 de Enero de 2013). Atención y manejo de la problemática de la acumulación de residuos en el PNCS. Tuxtla Gutiérrez, Chiapas.
- Espinoza S.G., Gómez G. C. (12 de Julio de 2009). *Huizache. Sombra para las hormigas*. Consultado el 31 de Marzo de 2015, de Las Presas en México: Despojo, Contaminación y Privatización del Agua: <http://www.huizache.org/blog/las-presas-mexico-coa>
- Espinoza, G. (2001). *Fundamentos de Evaluación de Impacto Ambiental*. Santiago, Chile: Banco Interamericano de Desarrollo (BID)-Centros de Estudios para el Desarrollo (CED).
- Espinoza-Jiménez, J. A., Pérez-Farrera, M. Á., Martínez-Camilo, R. (2011). *Inventario florístico del Parque Nacional Cañón del Sumidero, Chiapas, México* (Vol. 89). México: Boletín de la Sociedad Botánica de México.
- García G. H., Nava M. A. (2014). *Selección y dimensionamiento de turbinas hidráulicas para centrales hidroeléctricas*. México, D.F.: Universidad Nacional Autónoma de México. Facultad de Ingeniería.
- Garmendia S. A., Salvador A. A., Crespo S. C., Garmendia S. L. (2005). *Evaluación de impacto ambiental*. Madrid, España: Pearson. Prentice Hall.
- Gómez, O. D. (2002). *Evaluación de Impacto Ambiental*. España: Mundi-Prensa.
- Guyot, G., Gu, X.-F. (1994). Effect of radiometric corrections on NDVI-Determined from SPOT-HRV and Landsat-TM data. *Remote Sensing of Environment*, 169-180.
- H. Congreso del Estado de Chiapas. (2009). *Ley Ambiental para el Estado de Chiapas*. Chiapas, México.: H. Congreso del Estado de Chiapas. LXIII Legislatura.
- Hernández R. J. (Entrevista personal: 31 de Octubre de 2013). Donativos CFE y problemática por residuos sólidos en la Central Hidroeléctrica Chicoasén. Tuxtla Gutiérrez Chiapas: CFE.
- INEGI. (2000). *XII Censo General de Población y Vivienda 2000*. Consultado el 28 de Octubre de 2013, de [http://www.inegi.org.mx//sistemas/consulta\\_resultados/iter2010.aspx?c=27329&s=est](http://www.inegi.org.mx//sistemas/consulta_resultados/iter2010.aspx?c=27329&s=est).
- INEGI. (2004). *Guía para la Interpretación de Cartografía Edafología*. México: INEGI.
- INEGI. (2010). *Censo de Población y Vivienda 2010*. (INEGI) Consultado el 28 de Septiembre de 2014, de [http://www.inegi.org.mx//sistemas/consulta\\_resultados/iter2010.aspx?c=27329&s=est](http://www.inegi.org.mx//sistemas/consulta_resultados/iter2010.aspx?c=27329&s=est).

- Laso, J. D. (s.f.). *Resultado preliminares del permiso de colecta. "SUMIDERO CROC" Rescate, recuperación y conservación del cocodrilo de río (Crocodylus acutus) en el Parque Nacional Cañón del Sumidero, Chiapas, México.* . Tuxtla Gutiérrez Chiapas: IHNE.SGPAVDGVS/06326.
- López E. R. E., & Deslauriers, J.-P. (2011). *La entrevista cualitativa como técnica para la investigación en trabajo social.* Margen.
- López T. C. L. (2010). *Riqueza de peces del Parque Nacional Cañón del Sumidero, Chiapas, México.* Tuxtla Gutiérrez Chiapas: UNICACH.
- Meneses T. C. L. (2009). *Estudios de Caso Sobre la Evaluación de la Degradación de los Bosques. Análisis del Índice Normalizado de la Vegetación (NDVI) para Detección de Degradación de la Cubierta Forestal en México 2008-2009.* Roma, Italia: FAO.
- Pérez, F. (2009). *La entrevista como técnica de investigación social. Fundamentos teóricos, técnicos y metodológicos.* Venezuela: Universidad Central de Venezuela. Facultad de humanidades.
- PNCS-CONANP. (2013). *Concentrado de incendios forestales para el Parque Nacional Cañón del Sumidero.* Tuxtla Gutiérrez: Parque Nacional Cañón del Sumidero.
- Quiroga C. A. A., & Imbach, A. C. (2009). *Aplicación de la Tarjeta de Evaluación de Cuencas Hidrográficas en Las Cuencas Asociadas al Cañón del Sumidero.* Chiapas: CONAGUA, The Nature Conservancy, Fondo Mexicano para la Conservación de la Naturaleza, A.C.
- SEMARNAT-CONANP. (2011). *Riqueza y abundancia de aves en el Parque Nacional Cañón del Sumidero.* MÉXICO: SEMARNAT-CONANP.
- Sigler, L. (2010). *La historia natural del Cocodrilo Americano Crocodylus acutus en el Parque Nacional Cañón del Sumidero, Chiapas, México (Vol. 1).* Revista Latinoamericana de Conservación.
- Tiruveedhula, M. P., Fan, J., Sadasivuni, R. R., Durbha, S. S., Evans, D. L. (2009). *Biomass en Health based forest cover delineation using spectral un-mixing.* Baltimore, Maryland: American Society for Photogrammetry and Remote Sensing.
- Tovar, C. L. (2009). *Análisis del índice normalizado de la vegetación (NDVI) para detección de degradación de la cubierta forestal en México 2008-2009.* Roma, Italia : Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Departamento Forestal. Documento de trabajo 173.
- UNAL. (s.f.). *Metodologías para la identificación y valoración del impacto ambiental.* (UNAL) Recuperado el 27 de Abril de 2012, de Universidad Nacional de Colombia. Sede Medellín: <http://www.medellin.unal.edu.co/>
- Unión, C. d. (1988). *Ley General de Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente.* México, D.F.: Cámara de Diputados del H. Congreso de la Unión.
- Vargas M. F., Escobar, S., Del Angel, R. (2000). *Áreas naturales protegidas de México con decretos federales (1899-2000).* México.: Insittuto Nacional de Ecología-SEMARNAP.

- Velázquez V. E., Gómez G. A. E., Anzueto C. M., Villatoro V. A. (2014). *Peces del Parque Nacional Cañón del Sumidero, Chiapas, México*. México.: DeLaurel.
- Zárate R. L. (2014). *Limpieza del Cañón del Sumidero*. Tuxtla, Gutiérrez, Chiapas.: Instituto de Protección Civil para el Manejo Integral de Riesgos de Desastres. Gobierno del Estado de Chiapas.
- Zuñiga, F. B. (2011). *Técnicas de muestreo para manejadores de Recursos Naturales*. México: Universidad Nacional Autónoma de México.