



Casa abierta al tiempo

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA METROPOLITANA

UNIDAD XOCHIMILCO

DIVISIÓN DE CIENCIAS SOCIALES Y HUMANIDADES

MAESTRÍA EN SOCIEDADES SUSTENTABLES

JUSTICIA AMBIENTAL Y DEUDA SOCIOECOLÓGICA
EN LA ZONA DE SACRIFICIO DEL RÍO SANTIAGO

IDONEA COMUNICACIÓN DE RESULTADOS

QUE PARA OBTENER EL GRADO DE
MAESTRO EN SOCIEDADES SUSTENTABLES

P R E S E N T A

PEDRO CHÁVEZ GÓMEZ

ASESORA:

DRA. ALEIDA AZAMAR ALONSO

COASESOR:

DR. SALVADOR PENICHE CAMPS

CIUDAD DE MÉXICO, FEBRERO DE 2025

Contenido

Resumen	5
Introducción.....	6
1. Planteamiento del problema	10
2. Preguntas de investigación y/o hipótesis	14
2.1 Preguntas de aproximación	14
3. Objetivo general y específicos	14
4. Justificación.....	15
5. Marco teórico.....	17
5.1 Organizaciones de justicia ambiental incidiendo desde la economía ecológica	17
5.1.1 Economía ecológica y ecología política como herramientas para la justicia ambiental.....	20
5.1.2 Pensamiento complejo en la co-producción de la investigación acción participativa	23
5.2 Deuda ecológica: conceptualización y enfoques teóricos	26
5.3 Relación entre salud ambiental e injusticia: Cáncer e insuficiencia renal	31
5.4 Reparación de daños socioambientales	36
6. Metodología: Valoración de la deuda socioecológica	38
6.1. Diseño metodológico	38
6.1.1 Investigación acción participativa y la economía ecológica para abordar la complejidad	39
6.2. Fuentes de información y recopilación de datos.....	42
6.2.1 Observación participante.....	42
6.2.2 Entrevistas semiestructuradas.....	44
6.2.3 Datos ambientales	47
6.2.4 Datos de salud pública	47
6.2.5 Datos de economía	47
6.3. Indicadores de Valoración	47
6.3.1 Indicadores biofísicos.....	47
6.3.2 Indicadores monetarios de la deuda socioecológica	50
6.5. Limitaciones y consideraciones éticas	54
7. Contexto socioambiental en la ZSRS.....	54
7.1. Historia socioambiental de la ZSRS.....	54
7.2. Emergencia sanitaria y sus implicaciones en salud pública	66
7.3. Impactos de la actividad industrial	68

8. Resultados.....	70
8.1. Co-construcción de saberes locales y científicos.....	70
8.1.1 Tour del Horror	71
8.1.2 Acuerdo de co-producción colaborativa.....	73
8.1.3 La praxis de la ecología política.....	75
8.1.4 Vivero para la resistencia y la reproducción de la vida.....	80
8.2. Testimonios de los habitantes afectados.....	83
8.2.1 Daños a la salud y compensación monetaria.....	84
8.2.2 Deuda de las empresas con la comunidad.....	88
8.2.3 Leyes y obligaciones de las empresas.....	92
8.2.4 Expectativas y propuestas para la reparación del daño ambiental	94
8.3. Relación de las emisiones de sustancias tóxicas con el cáncer y la insuficiencia renal	97
8.3.1 Correlación del cáncer y la emisión de sustancias cancerígenas.....	100
8.3.2 Correlación de la insuficiencia renal y la emisión de sustancias nefrotóxicas.....	103
8.4. Deuda socioecológica en la Zona de Sacrificio del Río Santiago.....	107
8.4.1 Tratamientos contra el cáncer	108
8.4.2 Tratamientos contra la insuficiencia renal.....	110
8.4.3 El valor de la vida humana	112
8.4.4 Pérdida de soberanía alimentaria derivada del cultivo con alta absorción de metales pesados	116
8.4.5 Deuda socioecológica acumulada entre 2004 y 2022	119
8.4.6 Comparación entre los enfoques de valoración biofísica y monetaria	120
8.5. Posibilidades de reparación para las comunidades afectadas	122
9. Instrumentos jurídicos y responsabilidad empresarial.....	126
9.1. Instrumentos jurídicos nacionales e internacionales aplicables.....	126
9.2. Mecanismos para exigir responsabilidad empresarial.....	128
9.3. Políticas públicas y estrategias de reparación socioambiental.....	130
10. Discusión	133
10.1. Comparación de los hallazgos con estudios previos.....	133
10.2. Limitaciones del estudio y desafíos para la medición de la deuda socioecológica	135
10.3. Implicaciones para la justicia ambiental en México y el contexto global.....	138
10.4. Recomendaciones para futuras investigaciones y políticas públicas	140
11. Conclusiones	142

12. Bibliografía	146
13. Anexos.....	162
Anexo 1. Entrevista semiestructurada.....	162
Anexo 2. Diario de Campo	167

Lista de abreviaturas

CARS. Cuenca Alta del Río Santiago.

COA. Cédula de Operación Anual.

CONAGUA. Comisión Nacional del Agua.

DE. Deuda Ecológica.

DS. Deuda Socioecológica.

EE. Economía Ecológica.

EP. Ecología Política.

IAP. Investigación Acción Participativa.

JA. Justicia Ambiental.

LGEEPA. Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente.

MSS. Maestría en Sociedades Sustentables.

OJA. Organizaciones de Justicia Ambiental.

PC. Pensamiento Complejo.

RETC. Registro de Emisiones y Transferencia de Contaminantes.

SEMARNAT. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales.

USD. Un Salto con Destino.

USV. Un Salto de Vida.

ZMG. Zona Metropolitana de Guadalajara.

ZSRS. Zona de Sacrificio del Río Santiago.

Resumen

La Zona de Sacrificio del Río Santiago (ZSRS) es una de las regiones más contaminadas de México, resultado de décadas de actividad industrial desregulada. La contaminación del agua, el aire y el suelo ha generado una crisis sanitaria y ambiental, con un aumento alarmante de enfermedades como el cáncer e insuficiencia renal. Esta investigación analiza la deuda socioecológica (DS) generada por las empresas industriales en la región entre 2004 y 2022, utilizando enfoques de economía ecológica (EE), ecología política (EP) e investigación acción participativa (IAP).

El estudio cuantifica los costos ambientales y sanitarios de la contaminación industrial mediante indicadores biofísicos y monetarios, explorando la correlación entre las emisiones de sustancias tóxicas y la incidencia de enfermedades graves. Se estima que más de 28,740 casos de cáncer y 10,651 casos de insuficiencia renal han sido inducidos por la exposición a contaminantes industriales, con una DS acumulada entre 4,467 y 62,865 millones de dólares (90,233 y 1,269,873 millones de pesos), dependiendo de los métodos de valoración de la vida humana empleados.

Más allá de la cuantificación económica, la investigación incorpora la co-producción de conocimientos con la agrupación Un Salto de Vida (USV), documentando la lucha de las comunidades afectadas por la justicia ambiental. Se enfatiza la necesidad de un modelo de reparación integral, que incluya remediación ambiental, atención médica gratuita y mecanismos de responsabilidad empresarial efectivos.

Los hallazgos subrayan la urgencia de implementar políticas públicas que garanticen el derecho a un ambiente sano y la salud de la población. La DS en la ZSRS no solo refleja un costo económico, sino una deuda moral y política que debe ser saldada mediante la transformación estructural del modelo industrial y ambiental en México.

Palabras clave: justicia ambiental, deuda socioecológica, economía ecológica, ecología política, contaminación industrial, salud pública.

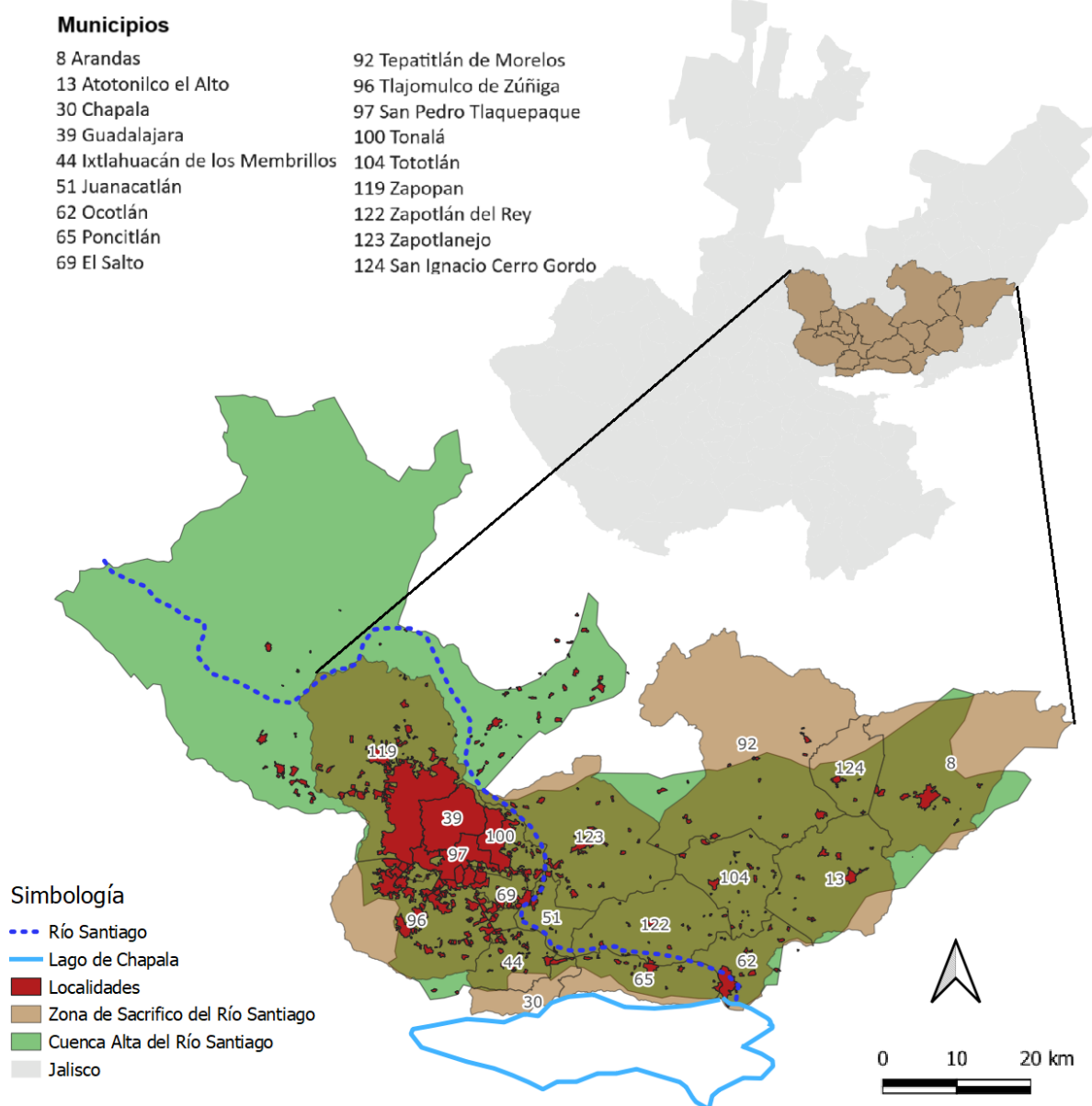
Introducción

La ZSRS es una de las regiones más afectadas por la contaminación industrial en México. Durante décadas, las actividades productivas de grandes empresas han provocado un deterioro ambiental severo, comprometiendo la calidad del agua, el aire y el suelo. Esta degradación ha tenido consecuencias irreparables para la salud de las comunidades locales, incrementando la incidencia de enfermedades graves y reduciendo la calidad de vida de sus habitantes. A pesar de la existencia de regulaciones ambientales y de los esfuerzos de diversas organizaciones de justicia ambiental (OJA), la crisis sanitaria y ecológica en la región persiste, reflejando una DS¹ acumulada que aún no ha sido reparada ni compensada.

La ZSRS se encuentra dentro de la Cuenca Alta del Río Santiago (CARS), la cual ha sido históricamente un territorio de gran riqueza ecológica y cultural. Sin embargo, en las últimas décadas se ha convertido en un espacio de sacrificio para el desarrollo industrial, urbano y agroindustrial, lo que ha generado una crisis ambiental y sanitaria sin precedentes en la región. La contaminación extrema de sus cuerpos de agua, la degradación de sus ecosistemas y el impacto severo en la salud de las comunidades ribereñas han configurado lo que diversas organizaciones han denunciado como una zona de sacrificio. Este término, adoptado por los movimientos socioambientales, permite visibilizar la concentración de daños ecológicos y humanos como resultado de un modelo económico basado en la externalización de costos ambientales y sanitarios en favor del crecimiento industrial y la acumulación capitalista (Carmona, Barreda y Navarro, 2024; McCulligh, 2024).

¹ En el presente estudio, la deuda socioecológica se aborda como una dimensión específica dentro de la deuda ecológica. Esta categoría integra la valoración de los costos asociados a los tratamientos contra el cáncer y la insuficiencia renal, así como la pérdida de vidas humanas y la erosión de la soberanía alimentaria. Por su parte, la deuda ecológica tiene un alcance más amplio, abarcando impactos ambientales, sociales y culturales, daños a la salud y la pérdida de capacidades comunitarias. Se reconoce, además, que muchos de estos impactos son inconmensurables o incluso infinitos, lo que refuerza la necesidad de un enfoque integral de JA.

Figura 2. Mapa de la ZSRS, Jalisco, México



Fuente: elaboración propia a partir de los datos abiertos del Gobierno de México (2016), “Límite municipal 2012 en shp del Estado de Jalisco”.

La ZSRS, que alberga a la Zona Metropolitana de Guadalajara (ZMG) y uno de los principales corredores industriales del país, ha sido objeto de una explotación intensiva de recursos hídricos y un crecimiento descontrolado de la actividad manufacturera. Desde la década de 1970, el proceso de industrialización acelerada en municipios como El Salto, Ocotlán, Poncitlán y Chapala ha impulsado un modelo extractivista donde las

aguas del río Santiago han sido utilizadas como receptores de desechos tóxicos provenientes de diversas industrias, incluyendo los sectores químico, automotriz, electrónico, alimentario y metalúrgico. Actualmente, el río Santiago es uno de los cuerpos de agua más contaminados de México, con altas concentraciones de arsénico, plomo, cadmio y compuestos orgánicos volátiles, los cuales han sido vinculados a la alta incidencia de cáncer, insuficiencia renal y enfermedades respiratorias en la población ribereña (McCulligh, 2024).

A pesar de la existencia de regulaciones ambientales y compromisos gubernamentales, la crisis ambiental y sanitaria en la ZSRS persiste. Desde 2001, las comunidades afectadas han denunciado la contaminación del río y han exigido su restauración, la protección de la salud pública y el freno a los procesos de expansión urbano-industrial. Sin embargo, como lo han señalado diversas investigaciones, el Estado ha jugado un doble papel: por un lado, ha impulsado narrativas de crisis ambiental para justificar inversiones en infraestructura de saneamiento, mientras que, por otro, ha facilitado la acumulación de capital mediante políticas de atracción de inversiones y escasa fiscalización ambiental (McCulligh, 2024). En este contexto, las estrategias gubernamentales han servido para consolidar la narrativa oficial de una supuesta recuperación del río, a la par del crecimiento de los parques industriales en la región (McCulligh, 2024; Carmona, Barreda y Navarro, 2024).

Este estudio se inscribe en el campo de la justicia ambiental (JA) y la EE, con el propósito de cuantificar la DS generada por las empresas industriales en la ZSRS entre 2004 y 2022. Más allá de la estimación de costos económicos y sanitarios derivados de la contaminación, la investigación busca proporcionar herramientas analíticas para fundamentar la exigencia de reparación socioambiental. Para ello, se combina el uso de indicadores biofísicos y monetarios, lo que permite una evaluación integral del impacto ambiental y social de la crisis ecológica en la región.

El estudio se estructura en varios capítulos que abordan la problemática desde diversas perspectivas teóricas y metodológicas. La introducción contextualiza la investigación y justifica la importancia de analizar la DS en la ZSRS desde un enfoque interdisciplinario. Se presentan las preguntas de investigación, los objetivos generales y

específicos, así como la metodología utilizada para evaluar la relación entre la contaminación industrial, la degradación ambiental y los efectos en la salud pública.

El marco teórico desarrolla los conceptos fundamentales que sustentan el análisis, incluyendo la DE, la JA, la EE, la EP y los métodos de valoración del daño ambiental y sanitario. Se revisan estudios previos sobre conflictos ambientales similares en México y América Latina, proporcionando una base conceptual sólida para interpretar la crisis socioambiental en la región.

El capítulo sobre el contexto socioambiental de la ZSRS examina la historia ambiental del río Santiago, destacando su transformación en una de las cuencas más contaminadas del país. Se analizan las causas estructurales de la crisis ambiental, vinculadas con el modelo industrial y extractivista predominante en la región. Asimismo, se presentan datos sobre la pérdida de biodiversidad, la degradación de los ecosistemas y los efectos en la salud pública, con un énfasis en enfermedades como el cáncer y la insuficiencia renal, padecimientos recurrentes entre la población expuesta a contaminantes tóxicos.

El capítulo metodológico detalla los procedimientos empleados para evaluar la DS en la ZSRS. Se explican las estrategias de recolección y análisis de datos, incluyendo la combinación de indicadores biofísicos y monetarios, el análisis epidemiológico y la aplicación de modelos estadísticos que permiten establecer la relación entre la contaminación industrial y la incidencia de enfermedades crónicas. Además, se describe la co-producción de conocimiento con la organización USV, lo que fortaleció el estudio a través del intercambio de saberes entre la academia y las comunidades afectadas.

En el capítulo de resultados y análisis, se presentan los hallazgos más relevantes del estudio. Se estima el número de enfermedades y muertes atribuibles a la contaminación, así como los costos médicos asociados. Se identifican las principales empresas responsables, se analiza la insuficiencia de las políticas públicas de remediación y se documenta la percepción de la comunidad sobre los impactos sufridos. También se examinan las estrategias implementadas hasta el momento y su efectividad en términos de JA y reparación del daño.

Finalmente, el capítulo de conclusiones y propuestas sintetiza los principales hallazgos del estudio y responde a las preguntas de investigación. Se discute la magnitud de la DS acumulada en la región y se proponen estrategias para la reparación del daño ambiental y sanitario, enfatizando la urgencia de fortalecer la regulación ambiental y establecer mecanismos efectivos de compensación. Asimismo, se reflexiona sobre la importancia de la participación comunitaria y la movilización social en la exigencia de responsabilidad corporativa, destacando que la JA solo será posible mediante una transformación estructural del modelo de producción y gestión ambiental en México.

A través de esta estructura, el estudio ofrece un análisis integral de la crisis socioambiental en la ZSRS, proporcionando herramientas para visibilizar la DS acumulada y contribuir a la construcción de estrategias de reparación para las comunidades afectadas.

1. Planteamiento del problema

El río Santiago, uno de los más extensos y caudalosos de México, nace en el lago de Chapala en el estado de Jalisco y desemboca en la costa del estado de Nayarit en el océano Pacífico. En el área donde se origina el río, las actividades industriales se han intensificado (Bollo, *et al.*, 2017), afectando el ciclo ecohidrológico y los servicios ecosistémicos de provisión, regulación, apoyo y culturales (de la Torre, *et al.*, 2022). Debido a la presencia de más de 700 industrias que vierten contaminantes en el agua, aire y suelo, la región ha sido clasificada como una de las más afectadas dentro de las Zonas de Sacrificio² o Regiones de Emergencia Sanitaria y Ambiental (RESA)³ en México (Barajas, 2020; McCulligh, *et al.*, 2012).

² “Se trata de zonas de sacrificio en las que cuerpos y territorios están siendo condenados a la enfermedad y la muerte cotidiana por estar expuestos a niveles extremos de envenenamiento por el metabolismo del capital” (Carmona, *et al.*, 2024, p.194).

³ Se conoce como RESA a las zonas donde perduran durante años la proliferación de enfermedades en la población y la devastación ambiental causadas por dos o más impactos por las actividades económicas. Dichas condiciones empoderan a la iniciativa privada internacional y nacional, creando un paraíso para industrias altamente depredadoras o contaminantes y un infierno para las comunidades. El concepto nace a partir de diciembre de 2019 por los miembros de la “Caravana Toxitour México”, iniciativa que divulgó la problemática a nivel internacional (Azamar y Téllez, 2021; Barreda, 2020; CONACYT, 2021).

Desde 1980, la ZSRS ha sido una de las áreas más contaminadas del país debido a la proliferación de industrias altamente contaminantes, la expansión de la agricultura intensiva y al crecimiento poblacional (Carmona, *et al.*, 2024; Peniche y Guzmán, 2009). La ausencia de una gestión ambiental efectiva ha generado problemas críticos como descargas industriales sin tratamiento, infiltración de lixiviados de sitios de disposición de residuos, deforestación y uso intensivo de agroquímicos. Estos factores han exacerbado la degradación ecológica y han causado severos impactos en la salud de las comunidades que habitan la región (McCulligh, 2013).

El ecosistema natural ha pasado de ser un proveedor de bienestar a un factor de riesgo para la salud pública. Estudios recientes han demostrado la magnitud del daño: el Instituto Mexicano de Tecnología del Agua (IMTA) detectó la presencia de 507.5 toneladas de 1,090 compuestos contaminantes distintos que se vierten diariamente en la cuenca (IMTA, 2011). En 2021, la Comisión Estatal de Derechos Humanos Jalisco (CEDHJ) delimitó la zona de influencia de la contaminación del río Santiago y el lago de Chapala, concluyendo que el 46.8% del territorio de Jalisco está afectado y que más de 250,000 personas han sufrido daños ambientales directos.

Las políticas públicas en la región han sido moldeadas por los intereses económicos de las grandes industrias, en detrimento del derecho de las comunidades a un ambiente saludable y una vida digna. Esto contraviene el artículo 4º de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos: “Toda persona tiene derecho a la protección de la salud... a un medio ambiente sano para su desarrollo y bienestar... al acceso, disposición y saneamiento de agua para su consumo personal y doméstico en forma suficiente, salubre, aceptable y asequible...” (Cámara de Diputados del H. Congreso de la Unión, 2023, p. 10).

Entre los principales problemas que enfrenta la ZSRS, se identifican tres cuestiones prioritarias:

1. **Altos niveles de emanaciones tóxicas:** Se han documentado concentraciones elevadas de metales pesados como plomo, arsénico, cadmio, mercurio y compuestos orgánicos persistentes. Estas sustancias han provocado alteraciones neuropsicológicas, hematológicas, cáncer y

otras enfermedades crónico-degenerativas en la población ribereña (CIDH, 2020; Enciso, 2015; Loera, 2018; Universidad Autónoma de San Luis Potosí, 2010).

2. **Intoxicación de los alimentos:** La contaminación del río ha impactado la producción agrícola y ganadera, exponiendo a la población al consumo de alimentos contaminados. Esta situación limita la siembra de hortalizas y diversos cultivos debido a la presencia de metales pesados en el suelo y el agua utilizada para el riego (Hernández, 2008; Maciel, *et al.*, 2009; Meléndez, 2021; Toral, 2022).
3. **Escasez e inequidad de la distribución del agua:** La contaminación del agua y su uso prioritario para la industria han afectado a comunidades marginadas y a pequeños productores agrícolas, agravando la crisis hídrica en la región (Castañeda y Venegas, 2009; García, 2021; Macías, 2013).

La insuficiente regulación y la corrupción han permitido que grandes empresas nacionales y multinacionales, como Zoltek de México, Hershey's México, Nestlé, Urrea Herramientas y Honda, continúen operando con escasos controles ambientales. Datos del Registro de Emisiones y Transferencia de Contaminantes (RETC⁴) señalan que Zoltek de México registró entre 2010 y 2013 vertidos tóxicos de 16.5 toneladas de cadmio, plomo, cianuro y níquel, afectando gravemente la calidad del agua y el ecosistema (Hernández, 2020; SEMARNAT, 2021).

Para comprender la persistencia de esta crisis socioambiental, McCulligh (2017) analizó las causas estructurales de la contaminación industrial en el Corredor Industrial Ocotlán-El Salto desde la etnografía institucional y la EP, destacando dos conceptos clave:

1. **Corrupción Institucionalizada (CI):** “Un sistema de normas laxas, escasamente vigiladas y aplicadas, dependiente del auto-monitoreo y la auto-regulación, y donde se ha empoderado al sector privado en la

⁴ Como se establece en la NOM-165-SEMARNAT-2013 el RETC es “una base de datos que se alimenta con la información de los establecimientos sujetos a reporte sobre las sustancias que se emiten al aire, agua, suelo y subsuelo, y/o transfieren en descargas de agua y residuos” (PROFEPA, 2014).

formulación y modificación de las normas ambientales de manera que existe una captura regulatoria” (p. 342).

2. **El mito de las multinacionales:** La creencia de que las grandes corporaciones cumplen con estándares ecológicos internacionales superiores a los establecidos por las leyes mexicanas. Este mito sostiene que el deterioro ambiental es causado por la irresponsabilidad de las pequeñas empresas y los gobiernos municipales, desviando así la atención de los habitantes y justificando el empoderamiento de actores privados en el sistema de regulación ambiental.

La autora concluye que el problema de la contaminación en la región responde a decisiones económicas y políticas que han subordinado la vida del río y sus habitantes a los intereses de la economía global. Las autoridades, en sus tres niveles de gobierno, han sido incapaces de regular efectivamente la actividad industrial en la región, lo que ha generado una situación de crisis socioambiental y sanitaria prolongada.

Barreda (2020) describe la situación en las RESA como una consecuencia directa de la expansión del libre comercio, argumentando que:

“La promesa de prosperidad con la que se ha querido vender el libre comercio en nuestro país contrasta con la insoportable pestilencia de los ríos, los canales de los drenajes o las grandes represas de aguas negras que se multiplican por doquier. Se agregan a ello la cada vez más nociva calidad de los aires, el derramamiento en todo el país de diversos tipos de basura y sustancias químicas tóxicas, la contaminación derivada de continuas explosiones industriales y la sobreexplotación de las aguas subterráneas, así como la evidente degradación de los paisajes y la calidad de vida, que llega ya a condiciones extremas y lesivas” (Barreda, 2020, p.1)

Dado este contexto, este trabajo busca estimar el cálculo económico de la DS en la ZSRS, con el objetivo de contribuir a la JA mediante la valoración de los costos ambientales y sociales impuestos a la población. Se optó por profundizar en este caso de estudio debido a la relación que tengo desde hace 4 años con la agrupación USV.

Además, la región de intervención es el lugar donde nació y donde vivo, por lo que tanto mis familiares como yo somos afectados indirectamente por la contaminación ambiental.

Este tema se analiza a través de la EE y el Pensamiento Complejo (PC), enfoques que permiten integrar múltiples disciplinas y actores sociales para comprender y transformar la realidad socioambiental en la ZSRS. La convergencia de estos enfoques fortalece la capacidad de las OJA para enfrentar la crisis socioambiental que afecta a la CARS.

2. Preguntas de investigación y/o hipótesis

¿Cómo ha evolucionado la DS acumulada entre 2004 y 2022 en la ZSRS, y qué relación existe entre las emisiones industriales, los impactos en la salud pública y los mecanismos de reparación implementados o ausentes?

2.1 Preguntas de aproximación

- ¿Cómo se complementan los indicadores biofísicos y monetarios en la evaluación de la DS, y qué limitaciones presentan para una valoración integral del daño en la ZSRS?
- ¿Qué metodologías de co-producción de conocimiento han resultado más efectivas en la articulación entre las comunidades afectadas y la academia para documentar y exigir JA en la ZSRS?
- ¿Cuáles son las principales barreras políticas, económicas y sociales que impiden la implementación de estrategias efectivas de reparación y mitigación en la ZSRS?

3. Objetivo general y específicos

Analizar la evolución de la DS acumulada entre 2004 y 2022 en la ZSRS y su relación con las emisiones industriales, los impactos en la salud pública y los mecanismos de reparación implementados o ausentes.:

- Evaluar la complementariedad y las limitaciones de los indicadores biofísicos y monetarios en la valoración de la DS en la ZSRS.
- Identificar y analizar las metodologías de co-producción de conocimiento más efectivas en la articulación entre las comunidades afectadas y la academia para documentar y exigir JA en la ZSRS.
- Examinar las principales barreras políticas, económicas y sociales que han obstaculizado la implementación de estrategias efectivas de reparación y mitigación de los daños socioambientales en la ZSRS.

4. Justificación

La presente investigación aborda problemas complejos y urgentes desde una perspectiva interdisciplinaria, integrando enfoques de la EE y el PC. Utiliza el concepto de DE como marco conceptual para cuantificar los daños acumulados por las actividades industriales y propone estrategias de reparación que prioricen la JA (Martínez-Alier, 2011). Este estudio también busca visibilizar las luchas de las comunidades afectadas y ofrecer herramientas prácticas para exigir reparaciones justas.

En un contexto donde las instituciones gubernamentales han fallado en garantizar los derechos ambientales, esta investigación aspira a sentar bases sólidas para impulsar cambios en las políticas públicas y fortalecer los mecanismos de JA. La ZSRS, caracterizada por una alta incidencia de enfermedades derivadas de la contaminación industrial y ambiental, es el escenario de análisis. Durante años, municipios como El Salto, Juanacatlán y Poncitlán han experimentado graves afectaciones a la salud debido a la deficiente gestión de desechos industriales, la contaminación del agua, el aire y el suelo, y la falta de políticas públicas efectivas (CEDHJ, 2021; IMTA, 2011). Este contexto de vulnerabilidad social y ambiental demanda una respuesta integral que articule JA y evaluación de la DE.

El concepto de DE, originado en el activismo y luego adoptado en políticas públicas, se refiere a las obligaciones acumuladas por empresas e industrias que han generado daños ambientales y a la salud en regiones específicas (Martínez-Alier, 2002;

Simms, 2005). En la ZSRS, este marco permite analizar cuánto deben social y económicamente, las empresas responsables por los daños causados desde 2004 al 2022⁵, y cómo esta deuda puede ser utilizada para reparar los impactos socioambientales en las comunidades afectadas. Enmarcada en la EE y la JA, la investigación busca no solo cuantificar esta deuda, sino también explorar vías concretas de reparación efectiva.

La relevancia de este estudio radica en su potencial transformador para abordar las violaciones a los derechos ambientales y de salud en contextos de alta vulnerabilidad. Se inspira en experiencias internacionales, como el caso de UMICORE en Bélgica, donde se cuantificó la responsabilidad ambiental y se implementaron medidas de compensación (Meynen, 2009). La cuantificación de la DS no solo constituye una herramienta económica para la reparación, sino que también fortalece el marco legal y jurídico que respalda las demandas de justicia de las comunidades afectadas.

Desde el ámbito académico, esta investigación representa una contribución significativa al ofrecer un estudio de caso detallado sobre la DS en una zona de sacrificio. Su enfoque interdisciplinario, que combina la EE y el PC, permite que las comunidades afectadas no sean simples objetos de estudio, sino protagonistas activos en la construcción de soluciones. Este enfoque colaborativo garantiza que los resultados de la investigación tengan una aplicación práctica y directa en la mejora de la calidad de vida de las personas afectadas.

Finalmente, la metodología propuesta, que integra la evaluación de la DS con enfoques de JA y participación comunitaria, asegura una base sólida tanto científica como social. Este planteamiento no solo refuerza la validez de los resultados, sino que también facilita su aplicación en procesos legales y de incidencia política, ofreciendo una herramienta poderosa para los habitantes locales en su lucha por una vida digna, salud y JA.

⁵ Este periodo se determinó por la disponibilidad de los datos oficiales que permitieron valorar un monto de la deuda socioecológica.

5. Marco teórico

5.1 Organizaciones de justicia ambiental incidiendo desde la economía ecológica

El concepto de JA ha adquirido una relevancia creciente en el estudio de los conflictos ecológicos y la desigualdad en la distribución de beneficios y cargas ambientales. Surge como respuesta a las injusticias derivadas del desarrollo industrial, la explotación de recursos naturales y la falta de equidad en las decisiones que afectan el ambiente y la salud pública, especialmente en comunidades vulnerables. En la ZSRS, la JA es un tema central, ya que las comunidades afectadas han soportado por años las consecuencias de la contaminación industrial. Este capítulo busca proporcionar un marco teórico que explore los orígenes del concepto, sus fundamentos y los antecedentes que lo contextualizan en la ZSRS.

El término JA se popularizó en la década de los ochenta en Estados Unidos, a raíz de movimientos sociales que denunciaban la sobrecarga de residuos tóxicos y otras fuentes de contaminación en comunidades racial y económicamente marginadas. Este fenómeno se conoció como racismo ambiental (Bullard, 1990) y fue clave en la construcción del movimiento de JA, que expandió sus reivindicaciones a nivel global. Según la definición de la Environmental Protection Agency (EPA), la JA implica:

El tratamiento justo y la participación significativa de todas las personas, independientemente de sus ingresos, raza, color, origen nacional, afiliación tribal o discapacidad, en la toma de decisiones de la agencia y otras actividades federales que afectan la salud humana y el medio ambiente para que las personas estén plenamente protegidas de los efectos (incluidos los riesgos) y peligros desproporcionados y adversos para la salud humana y el medio ambiente, incluidos los relacionados con el cambio climático, los impactos acumulativos de las cargas ambientales y de otro tipo, y el legado del racismo u otras barreras estructurales o sistémicas; y tener acceso equitativo a un entorno saludable,

sostenible y resiliente en el que vivir, jugar, trabajar, aprender, crecer, adorar y participar en prácticas culturales y de subsistencia (EPA, 2022).

Desde esta perspectiva, la JA no solo aboga por una distribución equitativa de los recursos ambientales, sino que también exige acceso igualitario a la toma de decisiones. En la ZSRS, esta visión es clave para comprender la exposición de las comunidades a altos niveles de contaminación industrial sin su consentimiento o sin información adecuada. Además, estas comunidades suelen carecer de los recursos económicos y políticos necesarios para influir en las políticas que podrían mejorar su situación (Martínez-Alier, 2002).

Al igual que en la ZSRS, en numerosos territorios del país y del mundo han proliferado las afectaciones ambientales que impactan a los sectores más vulnerables de la población en las periferias urbanas. Como respuesta a la devastación socioambiental, en los países del Sur global surgieron las OJA:

“De ahí que haya nacido un movimiento de justicia ambiental en el mundo (Agyeman, *et al.*, 2003, Carruthers, 2008, Pellow and Brulle, 2005, Pellow, 2007, Roberts, 2007, Walker, 2009). El término «justicia ambiental» empezó a usarse en Estados Unidos hacia 1982 en reclamos locales por «racismo ambiental», es decir, las desproporcionadas cargas de contaminación en zonas habitadas por grupos étnicamente discriminados, de origen africano, hispanico o indígena (Bullard, 1990, 2005, Pulido, 1996, Camacho, 1998, Carmin and Agyeman, 2010). El término «justicia ambiental» se aplicó después en Sudáfrica y en Brasil y se aplica ahora a los movimientos espontáneos y a las OJAs en cualquier lugar del mundo, y a las redes y coaliciones internacionales que forman (Bandy and Smith, 2005) para resistir contra las industrias extractivas y para protestar contra la contaminación y el cambio climático (Martínez-Alier, 2002). La justicia propugnada por esos movimientos es intrageneracional pero también intergeneracional. Incide en el tema de la distribución ecológica pero incluye el reconocimiento, es decir el derecho a hablar y a no ser excluido de las decisiones (Schlosberg, 2007, Agarwal, 2001).” (Martínez-Alier, 2011, p.46)

La JA, como categoría analítica frente a las empresas que vierten tóxicos y deterioran el ambiente, ha evolucionado y ahora abarca temas de “acceso colectivo a los procesos de toma de decisiones en la política ambiental que trasciendan el interés económico y se centren en la recuperación del equilibrio ecológico” (Azamar y Téllez, 2021, p. 455). En su estudio sobre las RESA, Azamar y Téllez (2021) destacan la importancia de la relación entre sociedad y Estado para crear y ejecutar políticas públicas enfocadas en la restauración ecológica mediante la consolidación de normas e instituciones comunes. Como el caso que aborda este estudio, que busca ser un catalizador entre la academia y la sociedad civil para atender los problemas de injusticia ambiental.

Un concepto fundamental en la JA de la ZSRS es la DE, que representa los impactos acumulativos que las actividades industriales han generado sobre el medio ambiente y las comunidades locales. Según Martínez-Alier (2002), la DE se refiere a las responsabilidades económicas, sociales y ambientales que los países desarrollados y las corporaciones multinacionales tienen hacia las comunidades explotadas o afectadas por sus actividades.

En la ZSRS, la DE se manifiesta en el deterioro de la salud pública y el ambiente debido a la contaminación industrial. Desde el siglo XX, la región ha experimentado un crecimiento en sectores como el químico, textil y metalúrgico, cuyos residuos han contaminado el río Santiago y otras fuentes de agua. Esto ha provocado una degradación significativa de la calidad del agua, aire y suelo, afectando gravemente la salud de las comunidades, con un aumento en enfermedades como el cáncer y la insuficiencia renal (UASLP, 2010).

En 2009, la CEDHJ emitió medidas cautelares debido a los altos niveles de contaminación y los daños irreparables a la salud de la población local. Sin embargo, los esfuerzos para reparar los daños y compensar a las comunidades han sido limitados, reflejando la falta de mecanismos efectivos para garantizar la JA y responsabilizar a las empresas contaminantes.

La lucha por la JA en la ZSRS enfrenta diversos retos. En primer lugar, existe una asimetría de poder entre las empresas industriales y las comunidades afectadas. Las empresas suelen contar con recursos financieros y apoyo político que les permiten evadir

o minimizar su responsabilidad. Además, la falta de una regulación ambiental estricta y la debilidad institucional dificultan que las comunidades obtengan reparación por los daños sufridos (McCulligh, 2017; Peniche y Guzmán, 2018).

No obstante, también hay oportunidades para avanzar en la JA en la región. En los últimos años, el activismo local ha ganado impulso, con organizaciones como USV liderando campañas para visibilizar la contaminación y exigir reparación para las comunidades afectadas (Corona, 2021). Además, marcos jurídicos internacionales, como el Acuerdo de Escazú, ofrecen herramientas para reforzar los derechos de las comunidades a un medio ambiente sano y exigir la responsabilidad de las empresas contaminantes (CEPAL, 2022).

5.1.1 Economía ecológica y ecología política como herramientas para la justicia ambiental

La EE y la EP son disciplinas complementarias que abordan los conflictos ecológicos desde perspectivas integrales. La EP se centra en el análisis de los conflictos ecológicos distributivos, explorando cómo los costos y beneficios de los recursos naturales y su explotación se distribuyen entre diferentes grupos sociales (Martínez-Alier, 2002). Por su parte, la EE, surgida en la década de 1980 como un campo transdisciplinario (Costanza, 1991; Costanza, *et al.*, 1996; Martínez-Alier y Røpke, 2008; Røpke, 2004), no solo integra dinámicas ecológicas y sistemas económicos, sino que también enfatiza el metabolismo social y ecosistémico, abordando los flujos de energía y materiales entre la economía y el ambiente, con base en las leyes de la termodinámica (Azamar, *et al.*, 2021).

Desde esta perspectiva, la EE rechaza la noción de sostenibilidad débil basada en la sustitución de capital natural por infraestructura o tecnología, y en su lugar promueve una visión multidimensional que reconoce los límites biofísicos del crecimiento económico. Además, se aleja del enfoque monocriterial del análisis costo-beneficio tradicional, favoreciendo una evaluación plural y deliberativa de los valores económicos, socioculturales y ecológicos en los procesos de toma de decisiones (Martínez-Alier, *et al.*, 1998). En América Latina, este enfoque ha sido clave para analizar las dinámicas del extractivismo y los conflictos ecológicos distributivos, resaltando cómo el metabolismo

social en la región se ve condicionado por una estructura económica dependiente de la explotación de recursos naturales (Azamar, *et al.*, 2021).

La EE tiene sus raíces en una confluencia de ideas: ecologistas que estudiaron el uso de la energía en la economía humana (Odum, 1971; Jansson, 1984) y economistas críticos del paradigma económico tradicional (Daly, 1968, 1973), influenciados por pioneros como Nicholas Georgescu-Roegen (1971) y Boulding (1966). A estos aportes se suman los estudios de Kapp (1950) sobre costos sociales y los análisis de Ayres y Kneese (1969) sobre la omnipresencia de las externalidades. Un principio fundamental de esta disciplina es considerar que la economía opera dentro de ecosistemas biofísicos más amplios, lo que implica reconocer la interdependencia entre sistemas naturales y actividades económicas.

Entre las áreas clave de la EE se incluyen el análisis del metabolismo social, la creación de indicadores físicos para medir la sostenibilidad, la modelización de las interacciones entre economía y ambiente, y el desarrollo de nuevos instrumentos de política para fomentar la sostenibilidad. Martínez-Alier y Muradian (2015) destacan que los ecosistemas tienen un valor intrínseco que no debe reducirse únicamente a su capacidad de proporcionar insumos para la producción; representan elementos vitales para la supervivencia humana y la estabilidad ecológica.

En la ZSRS, los lenguajes de valoración biofísica son cruciales para cuantificar la DE. Impactos como la pérdida de biodiversidad, la degradación de la calidad del agua y los daños a la salud pública no pueden ser completamente capturados en términos monetarios. Según Gómez-Baggethun, *et al.* (2010), la combinación de métricas biofísicas, como la huella ecológica o hídrica con enfoques monetarios permiten representar de manera más adecuada las afectaciones sufridas por las comunidades locales. En esta región, la pérdida de servicios ecosistémicos debido a la contaminación del agua tiene costos directos y consecuencias que trascienden las métricas económicas tradicionales, afectando profundamente la calidad de vida y la salud de la población.

Por otro lado, la EP complementa estos análisis al enfocarse en las relaciones de poder que determinan la explotación de recursos naturales y los conflictos asociados. Robbins (2012) subraya que los problemas ecológicos no son únicamente técnicos, sino

profundamente políticos, pues reflejan desigualdades estructurales en la distribución de beneficios y costos ambientales. En la ZSRS, las empresas industriales han externalizado los costos de la contaminación, afectando desproporcionadamente a comunidades locales que carecen de los recursos económicos y políticos para defenderse. Esta dinámica genera una clara injusticia ambiental, donde los impactos negativos, como la exposición a sustancias tóxicas, no son compensados de manera adecuada. Según Leff (2004), las decisiones sobre el uso del territorio en esta región han sido históricamente influenciadas por actores con mayor poder económico y político, como corporaciones y gobiernos, dejando a las comunidades en una situación de vulnerabilidad.

Tanto la EE como la EP destacan la importancia de incorporar diversos lenguajes de valoración para analizar los impactos ambientales y sociales. En el caso de la ZSRS, la valoración monetaria es útil pero insuficiente. Es necesario integrar enfoques biofísicos, que analicen la degradación de ecosistemas, y éticos, que reconozcan los derechos humanos y ecológicos vulnerados por la contaminación industrial (Gómez-Baggethun, *et al.*, 2010).

Por ejemplo, los daños a la salud pública, como el aumento de enfermedades como el cáncer e insuficiencia renal, no deben medirse únicamente en términos de costos médicos, sino también en el sufrimiento humano y la pérdida de bienestar. De igual manera, la destrucción de cuerpos de agua locales implica costos no solo económicos, sino también culturales, pues muchas comunidades consideran el agua como un elemento sagrado y esencial para su identidad.

La combinación de enfoques de EE y EP son esenciales para enfrentar los desafíos de JA y DE en la ZSRS. Mientras la EE proporciona herramientas para evaluar los impactos ambientales desde una perspectiva biofísica y monetaria, la EP permite comprender las dinámicas de poder y desigualdad que subyacen a estos impactos. Juntas, estas disciplinas ofrecen una visión integral de los daños sufridos por las comunidades locales, reconociendo la necesidad de incluir dimensiones económicas, biofísicas, éticas y culturales en el análisis y la resolución de conflictos ambientales.

La EE, en particular, examina las contradicciones entre la expansión económica y la preservación ambiental. Su objetivo es superar la tendencia de valorar la naturaleza exclusivamente en términos monetarios, promoviendo un pluralismo de valores en un mundo interconectado por problemas sociales y ecológicos (Costanza, 1989). Como campo transdisciplinario relativamente reciente, visualiza la economía como un subsistema dentro de un ecosistema global finito. Cuestiona la viabilidad de la sostenibilidad económica en un contexto de límites biofísicos, creciente demanda de energía y materiales, y expansión demográfica.

Su enfoque central radica en el desarrollo de indicadores físicos de insustentabilidad, analizando la economía en términos de metabolismo social. Además, explora la relación entre los derechos de propiedad y la gestión de recursos naturales, modela las interacciones entre la economía y el ambiente, emplea herramientas de gestión como la evaluación ambiental integrada y las evaluaciones multicriterio para la toma de decisiones, y propone nuevos instrumentos de política ambiental (Martínez-Alier, 2002).

Dada su naturaleza transdisciplinaria y su enfoque en el pluralismo de valores, la EE se presenta como un marco analítico idóneo para valorar la DS de las empresas que emiten contaminantes y afectan la salud de los habitantes. En la ZSRS, la combinación de EE y EP resulta esencial para comprender y enfrentar los desafíos de JA. Mientras la primera proporciona herramientas para evaluar impactos desde una perspectiva biofísica y monetaria, la segunda permite desentrañar las relaciones de poder que perpetúan la injusticia ambiental. Juntas, ambas disciplinas ofrecen una visión más completa de los daños sufridos por las comunidades locales, permitiendo un análisis y una respuesta más adecuados a los conflictos ambientales en la región.

5.1.2 Pensamiento complejo en la co-producción de la investigación acción participativa

En el contexto de la co-producción del conocimiento, el PC ofrece una perspectiva integral para comprender la interconexión entre múltiples dimensiones de la realidad, trascendiendo la fragmentación disciplinaria tradicional. Como señala Morin (2005), este enfoque reconoce la imposibilidad de analizar fenómenos sociales y ambientales de

manera aislada, exigiendo una integración de saberes y perspectivas. Este paradigma resulta especialmente relevante en el desarrollo de la IAP, pues permite una construcción dialógica del conocimiento entre investigadores y actores sociales, desafiando la distinción convencional entre expertos y no expertos (Guardiola, 2017).

En 2006, Andrew Stirling escribió para la Comisión Europea que se estaba desarrollando un *movimiento hacia un paradigma emergente de investigación cooperativa*. Este paradigma representa una nueva forma de llevar a cabo la investigación, en la que tanto investigadores como no investigadores colaboran de manera estrecha. Este enfoque abarca una amplia gama de métodos, desde la colaboración interdisciplinaria y la negociación con partes interesadas, hasta la deliberación transdisciplinaria y la participación ciudadana (Stirling, 2006). La Comisión Europea adoptó y apoyó esta idea mediante sus programas *Science-in-Society*, promoviendo la investigación cooperativa o colaborativa a nivel global con Organizaciones de la Sociedad Civil (OSC), lo que fue una innovación bienvenida inspirada en el enfoque de Stirling (Martínez-Alier, *et al.*, 2011).

Sin embargo, la investigación cooperativa no es un fenómeno nuevo. Académicos han colaborado durante décadas con actores gubernamentales, comerciales y sociales, estableciendo un entramado de saberes compartidos. La IAP, inspirada en las prácticas de Paulo Freire y Orlando Fals Borda, encarna este enfoque al priorizar el conocimiento situado y la transformación social. En este sentido, la ciencia post-normal de Funtowicz y Ravetz (1993, 1994) complementa el PC al reconocer que en problemas ambientales y sociales con alta incertidumbre y valores en disputa, la producción de conocimiento no puede limitarse a la esfera académica, sino que debe integrar múltiples perspectivas y conocimientos locales.

Dado que esta investigación analiza la DS derivada de las injusticias ambientales en la ZSRS, la co-producción del conocimiento con la agrupación USV resulta crucial. Esta organización, integrada por habitantes de El Salto y Juanacatlán, ha liderado la lucha por la JA y la defensa del territorio durante más de dos décadas. A través de la colaboración con USV, este estudio no solo documenta la crisis ambiental en la región,

sino que busca incidir en su transformación mediante la integración de saberes científicos y comunitarios.

Este enfoque ha sido adoptado en otros contextos internacionales (Agyeman, *et al.*, 2003; Bullard, 1990), donde OJA han desarrollado redes de resistencia contra la distribución desigual de las cargas ecológicas. A diferencia del *conservacionismo de la naturaleza*⁶; este movimiento se enmarca en el *ecologismo de los pobres*, donde la defensa del ambiente no responde únicamente a una preocupación por la biodiversidad, sino que se vincula con la lucha por la supervivencia y el acceso equitativo a los bienes comunes.

Sin embargo, como señala Azamar (2021a), el ecologismo de los pobres no implica necesariamente un rechazo absoluto a las actividades extractivas. En ciertos contextos, como en el caso de las comunidades mineras en Mazapil, Zacatecas, las dinámicas de resistencia y negociación pueden estar condicionadas por la necesidad económica y la marginalización histórica de las poblaciones locales. Azamar introduce el concepto de *ruralidad ambientalista* (Environmental Rurality, ER) para describir cómo algunas comunidades rurales no se oponen categóricamente a la minería, sino que buscan establecer condiciones de negociación que les permitan obtener beneficios económicos y mitigar los impactos negativos. Desde esta perspectiva, la oposición a las industrias extractivas no es homogénea ni inmutable, sino que varía en función de los

⁶ El conservacionismo de la naturaleza es una filosofía y un conjunto de prácticas dedicadas a la preservación, protección y gestión sostenible de los recursos naturales y los ecosistemas. Este enfoque parte de la premisa de que la naturaleza posee un valor intrínseco y que es fundamental conservarla tanto para las generaciones actuales como para las futuras.

A diferencia de otras corrientes como el preservacionismo, que defiende mantener áreas naturales intactas y sin intervención humana, y de enfoques más utilitarios que buscan maximizar los beneficios económicos de los recursos naturales, el conservacionismo de la naturaleza busca un equilibrio entre el uso humano y la conservación de los ecosistemas. Reconoce la interdependencia entre la humanidad y la naturaleza, y aboga por una gestión que garantice la sostenibilidad a largo plazo.

El concepto de conservacionismo de la naturaleza no tiene un único autor o una fecha específica de origen, ya que ha evolucionado a través del tiempo con las contribuciones de diversos pensadores y activistas. Sin embargo, el término "conservacionismo" se popularizó significativamente gracias a Gifford Pinchot (1910). Como primer jefe del Servicio Forestal de los Estados Unidos, Pinchot fue un defensor destacado de la gestión sostenible de los recursos naturales. Promovió el uso eficiente y racional de estos recursos en beneficio de la sociedad y se convirtió en un pionero del movimiento conservacionista a principios del siglo XX.

beneficios obtenidos y de la capacidad de organización de las comunidades (Azamar, 2021a).

En este sentido, el PC permite integrar la diversidad de voces y racionalidades en el análisis de conflictos ambientales. Como señala Guardiola (2017), la convergencia entre la IAP y el PC posibilita una investigación no reduccionista, en la que las problemáticas sociales y ecológicas son abordadas desde la incertidumbre, la autoorganización y la interdependencia. Los activistas ambientales pueden beneficiarse de los marcos analíticos de la EE, al tiempo que los economistas ecológicos pueden incorporar en sus análisis los conceptos y narrativas impulsados por las organizaciones activistas, tales como la DE, la soberanía alimentaria, la responsabilidad corporativa y el decrecimiento económico (Martínez-Alier, *et al.*, 2011).

Asimismo, este enfoque evita el aislamiento académico, promoviendo la co-producción de conocimiento junto con los habitantes de la región. La ciencia activista, basada en una relación dialógica y dinámica, ha guiado el desarrollo de la presente investigación, permitiendo una articulación entre el análisis de la DE y la lucha por la JA en la ZSRS.

En el siguiente capítulo, se examinarán los modelos de valoración de la DE, con énfasis en la medición de los daños a la salud y al ambiente. La DE no solo es un problema ecológico, sino también una manifestación estructural de injusticia, que refleja cómo las comunidades marginadas asumen los costos de las actividades económicas sin recibir compensaciones adecuadas (Pellow, 2017).

5.2 Deuda ecológica: conceptualización y enfoques teóricos

El concepto de DE ha cobrado relevancia en las últimas décadas como una herramienta teórica para visibilizar las relaciones desiguales en el uso y explotación de los recursos naturales, especialmente en contextos de desarrollo industrial desmedido y su impacto en comunidades vulnerables. La DE resalta la responsabilidad histórica de los países industrializados y las grandes empresas por los daños ambientales ocasionados en localidades como la ZSRS, donde los costos socioambientales han sido asumidos desproporcionadamente por las comunidades locales. Este capítulo analiza la

conceptualización de la DE, sus orígenes y los enfoques teóricos que sustentan su interpretación, con el objetivo de proporcionar una base para evaluar su aplicabilidad en la ZSRS.

El concepto de DE se originó en la década de 1990 en el ámbito de los movimientos sociales y ambientales de América Latina, con el fin de señalar las desigualdades en la distribución de los impactos ambientales entre el Norte y el Sur Global. Martínez-Alier (2002) define la DE como la acumulación de daños ambientales y sociales derivados del comercio internacional y la explotación desmedida de los recursos naturales, en la que los países industrializados extraen recursos sin compensar adecuadamente a los países y comunidades que sufren las consecuencias ambientales y sociales de esa explotación.

En términos simples, la DE puede entenderse como el desequilibrio entre los beneficiarios del crecimiento económico y los perjudicados por los costos ambientales de dicho crecimiento. Estos costos, que incluyen la contaminación, la destrucción de ecosistemas y el deterioro de la salud pública, no suelen estar internalizados en las actividades económicas, lo que resulta en una carga desproporcionada para las comunidades locales, como es el caso en la ZSRS.

En este sentido, Martínez-Alier (2002) clasifica la DE en dos grandes categorías: 1) la deuda por emisiones de carbono y 2) la deuda por extracción de recursos naturales:

1. *Deuda por emisiones de carbono:* Este tipo de deuda se refiere a las contribuciones desproporcionadas al cambio climático por parte de los países desarrollados y las grandes industrias que, históricamente, han emitido más gases de efecto invernadero (GEI) que el resto del mundo. Según Simms (2005), los países industrializados son responsables de la mayor parte del calentamiento global, mientras que los países en desarrollo enfrentan sus peores consecuencias, tales como eventos climáticos extremos, sequías y pérdida de biodiversidad. Esta deuda refleja la responsabilidad moral y económica de los países emisores para compensar a las regiones más vulnerables.
2. *Deuda por extracción de recursos:* Esta deuda surge cuando las empresas o países ricos explotan los recursos naturales de países en desarrollo sin pagar un

precio justo o sin mitigar los impactos ambientales de dicha extracción. Esto incluye la sobreexplotación de minerales, agua, bosques y biodiversidad. Según Warlenius, *et al.* (2015), esta deuda ha provocado la degradación ambiental y la pérdida de medios de subsistencia en comunidades locales que no reciben beneficios económicos proporcionales a los daños ocasionados. La sobreexplotación de recursos sin reparación adecuada ha sido uno de los factores clave en la acumulación de la deuda ecológica global.

Existen múltiples enfoques teóricos que permiten analizar la DE desde diferentes perspectivas. Estos enfoques brindan herramientas útiles para comprender la magnitud de la DE en la ZSRS, una región afectada por décadas de contaminación industrial y deterioro de la salud pública.

La EE es uno de los enfoques teóricos más importantes para abordar la DE, ya que ofrece un marco para valorar los impactos ambientales de manera integral, reconociendo los límites biofísicos del crecimiento económico. Este enfoque, impulsado por autores como Herman Daly y Joan Martínez-Alier, plantea que la economía debe estar subordinada a las leyes de la naturaleza y que el crecimiento económico sin límites no es sostenible en un planeta finito (Martínez-Alier y Muradian, 2015). En este contexto, la DE se entiende como un desajuste entre el crecimiento económico y los límites ecológicos, donde las economías más desarrolladas han sobrepasado los límites ecológicos a expensas de los países y comunidades menos industrializados.

Este enfoque es útil para la ZSRS, donde la degradación ambiental ha sobrepasado la capacidad de regeneración natural de los ecosistemas locales, generando una DE acumulativa a lo largo del tiempo. La valorización biofísica de esta deuda es clave para estimar los costos reales del deterioro ambiental y los impactos en la salud pública, como el aumento de enfermedades como el cáncer y la insuficiencia renal.

La EP es otro enfoque relevante para el análisis de la DE, ya que se centra en las relaciones de poder que subyacen a la explotación de los recursos naturales y a los conflictos ambientales. Este enfoque considera que las decisiones sobre la explotación de recursos y la distribución de los impactos ambientales no son neutrales, sino que

están determinadas por estructuras de poder político y económico que favorecen a ciertos actores sobre otros (Robbins, 2012).

En el caso de la ZSRS, la EP ayuda a explicar cómo las comunidades locales, con menor capacidad de influir en las políticas públicas y de acceso a la justicia, han sido desproporcionadamente afectadas por la contaminación industrial. Las grandes empresas que operan en la región han externalizado los costos ambientales de sus actividades, mientras que las comunidades han tenido que soportar los impactos en su salud y en el medio ambiente. Este enfoque resalta la necesidad de JA y la responsabilidad corporativa como mecanismos para mitigar la DE.

La JA, como se discutió en el capítulo anterior, está estrechamente relacionada con el concepto de DE, ya que ambas abogan por una redistribución más justa de los beneficios y los costos del desarrollo económico. Mientras que la JA se centra en garantizar que las comunidades vulnerables tengan voz y acceso a la toma de decisiones, la DE enfatiza la necesidad de compensación y reparación por los daños sufridos (Pellow, 2017).

Este enfoque resulta particularmente útil para evaluar cómo las empresas contaminantes en la ZSRS podrían asumir su responsabilidad histórica por los impactos negativos en la salud y el ambiente de las comunidades locales. La JA se convierte, entonces, en un marco normativo que no solo busca detener la acumulación de DE, sino también asegurar que las comunidades afectadas reciban reparación socioambiental adecuada.

El caso de la ZSRS es un ejemplo emblemático de la DE acumulada por las actividades industriales. Desde hace décadas, la región ha sido sometida a un proceso de deterioro ambiental acelerado por las industrias químicas, metalúrgicas y textiles, entre otras. La población local ha sufrido no solo la degradación de sus recursos naturales, como el agua y el suelo, sino también un deterioro en su salud, manifestado en el incremento de enfermedades graves.

La ausencia de mecanismos efectivos para internalizar los costos ambientales y de salud ha permitido que las empresas responsables evadan su DE, agravando las

afectaciones en las comunidades afectadas. En este contexto, resulta crucial valorar esta deuda desde perspectivas tanto biofísicas como monetarias, con el propósito de establecer criterios para su reparación.

Para estimar la DS en la ZSRS, se emplearon dos tipos principales de indicadores: biofísicos y monetarios. Estos enfoques permitieron capturar una parte de los daños ambientales y de salud, así como cuantificar sus costos económicos, facilitando la exigencia de reparaciones y la formulación de políticas públicas.

Los indicadores biofísicos se enfocaron en la medición directa de los impactos ambientales y en la salud pública sin recurrir a la conversión en valores monetarios. Se utilizaron datos del RETC de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT) y estudios científicos sobre la presencia de metales pesados y sustancias tóxicas en la región. También se aplicó la regresión lineal como herramienta estadística para cuantificar la relación entre la contaminación industrial y la incidencia de enfermedades como el cáncer e insuficiencia renal.

Por otro lado, los indicadores monetarios facilitaron la traducción de los impactos ambientales y de salud en términos económicos, lo que permitió argumentar la necesidad de reparaciones y compensaciones. Se calcularon los costos médicos derivados de enfermedades como el cáncer y la insuficiencia renal, incluyendo hospitalización, medicamentos y pérdida de ingresos debido a incapacidades, tomando en cuenta datos de aseguradoras como GNP Seguros y AXA México. Asimismo, se valoró económicamente el impacto de las muertes prematuras por contaminación utilizando metodologías internacionales. Finalmente, se cuantificó la pérdida de soberanía alimentaria en la región debido a la contaminación del suelo y el agua, afectando la producción agrícola y la seguridad alimentaria de las comunidades locales.

La selección de estos indicadores responde a una combinación de enfoques provenientes de la EE y la EP, priorizando una visión multidimensional del impacto socioambiental en la ZSRS. Se buscó garantizar rigor científico y relevancia social mediante la aplicación de modelos de regresión lineal y estudios biofísicos, que establecieron una base sólida para atribuir responsabilidad a las industrias en la crisis de salud y ambiental. La conversión de daños en términos monetarios permitió justificar

sanciones económicas y medidas de reparación para las comunidades afectadas. No obstante, No obstante, se reconoció la importancia de incluir indicadores biofísicos que reflejen dimensiones no monetizables, como la relación entre las emisiones de sustancias tóxicas y la prevalencia de enfermedades graves como el cáncer y la insuficiencia renal, asegurando que estos aspectos sean considerados en los procesos de reparación socioambiental.

La integración de estos indicadores permitió una valoración más precisa y fundamentada de la DS en la región, proporcionando una herramienta clave tanto para la exigencia de JA como para la formulación de políticas de reparación. La DE, como concepto, refleja las desigualdades estructurales en la explotación de los recursos naturales y la distribución de sus impactos ambientales. A través de los enfoques de la EE, la EP y la JA, es posible analizar y comprender las dinámicas que han llevado a la acumulación de esta deuda en la ZSRS. Estos marcos teóricos ofrecen herramientas esenciales para desarrollar valoraciones que consideren tanto los costos biofísicos como los impactos monetarios en la salud pública y el ambiente, proporcionando así una base sólida para exigir su reparación y garantizar medidas de JA efectivas.

5.3 Relación entre salud ambiental e injusticia: Cáncer e insuficiencia renal

La salud ambiental y la justicia social están intrínsecamente relacionadas, especialmente en contextos donde la contaminación industrial afecta desproporcionadamente a las comunidades vulnerables. En la ZSRS, los impactos de la contaminación en la salud pública son evidentes, con un aumento significativo en los casos de cáncer e insuficiencia renal en las poblaciones locales. Este capítulo explora la conexión entre la exposición a contaminantes tóxicos y las enfermedades crónicas, argumentando que la lucha por la JA no puede separarse de la demanda por una salud pública justa. A través del análisis de estudios recientes, se evidencia cómo las desigualdades ambientales contribuyen a la creciente DE que las empresas contaminantes tienen con las comunidades afectadas.

La salud ambiental se refiere a los aspectos de la salud humana que están determinados por factores ambientales, como la calidad del aire, el agua y el suelo. En

la ZSRS, el deterioro de la calidad del agua debido a descargas industriales ha sido uno de los factores clave en la crisis de salud pública que afecta a las comunidades locales (UASLP, 2010). Según un informe de la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA) (2018), el río Santiago, que atraviesa la región, es uno de los cuerpos de agua más contaminados de México, con altos niveles de metales pesados y compuestos tóxicos provenientes de actividades industriales.

Esta exposición prolongada a contaminantes tiene efectos directos sobre la salud de las personas. Entre las sustancias más dañinas se encuentran el arsénico, el plomo, el mercurio y el cadmio, que han sido asociados con el desarrollo de cáncer y enfermedades renales crónicas, como la insuficiencia renal (Arellano, *et al.*, 2012; Martínez-González y Hernández, 2009; Montes, *et al.*, 2021; Riojas-Rodríguez, *et al.*, 2013; UASLP, 2010). La exposición a estos contaminantes se produce no solo por el consumo de agua contaminada, sino también por el contacto con el aire y el suelo, lo que convierte a la crisis de la ZSRS en un claro ejemplo de injusticia ambiental, donde las comunidades más pobres y marginadas soportan la carga más pesada.

La exposición a contaminantes como el plomo, arsénico, cadmio, mercurio, benceno y compuestos orgánicos persistentes (COP) en comunidades cercanas al río Santiago está estrechamente vinculada con el desarrollo de enfermedades renales y diversos tipos de cáncer. Cada uno de estos tóxicos posee características específicas que los convierten en agentes altamente dañinos para la salud humana.

El plomo y el arsénico son bien conocidos por sus efectos nefrotóxicos. El plomo, al acumularse en los túbulos renales, provoca nefritis intersticial crónica y daño glomerular, contribuyendo significativamente a la insuficiencia renal crónica (ATSDR, 2020; McClintock, *et al.*, 2012). Por su parte, el arsénico genera estrés oxidativo y daña los túbulos renales, además de estar asociado con cánceres de piel, vejiga y riñón debido a su capacidad para alterar la metilación del ADN e inducir inestabilidad genómica (Bundschuh, *et al.*, 2012; IARC, 2018). En las comunidades de El Salto y Juanacatlán, los niveles de arsénico superan los límites de seguridad, lo que incrementa los riesgos de enfermedades crónicas desde edades tempranas (UASLP, 2010).

El asbesto, un mineral fibroso ampliamente utilizado en la industria, está vinculado de manera directa al desarrollo de diversos tipos de cáncer, especialmente el mesotelioma maligno y el cáncer de pulmón, debido a su capacidad para generar daño genético e inflamación crónica en los tejidos respiratorios (Baumann, *et al.*, 2013; Smith, *et al.*, 1989).

El benceno, un compuesto químico volátil ampliamente utilizado en procesos industriales, está reconocido como un carcinógeno humano por la IARC (2018). La exposición crónica a este compuesto, particularmente a través de inhalación en ambientes contaminados, está estrechamente vinculada al desarrollo de leucemia y otros cánceres hematológicos debido a su capacidad para causar daño al ADN y alterar el funcionamiento de las células madre hematopoyéticas (Smith, 2010). Además, estudios recientes sugieren que el benceno puede contribuir a la insuficiencia renal a través de la generación de estrés oxidativo y la inducción de daño tubular renal, especialmente en contextos de exposición combinada con otros contaminantes químicos (Negrin, *et al.*, 2014; Torres, *et al.*, 2018).

El cadmio, un metal pesado ampliamente utilizado en procesos industriales y presente en emisiones ambientales, está estrechamente vinculado al desarrollo de cáncer y enfermedades renales crónicas. Estudios han demostrado que la exposición prolongada al cadmio, ya sea por inhalación o ingesta, está asociada a un mayor riesgo de cáncer de pulmón, próstata y riñón, debido a su capacidad para inducir estrés oxidativo, dañar el ADN y alterar los mecanismos de reparación celular (Johri, *et al.*, 2010). Además, este metal es conocido por su nefrotoxicidad, ya que se acumula en los túbulos renales, provocando daño progresivo que puede conducir a insuficiencia renal crónica (Järup y Akesson, 2009). La presencia de cadmio en el ambiente representa una amenaza significativa para la salud pública, especialmente en áreas con altas concentraciones derivadas de actividades mineras o industriales (Nordberg, 2004).

El cromo, particularmente en su forma hexavalente (Cr(VI)), es un metal pesado altamente tóxico asociado tanto al desarrollo de cáncer como a la insuficiencia renal. La exposición crónica a compuestos de cromo, común en industrias como la galvanoplastia y la fabricación de pigmentos, se ha relacionado con un mayor riesgo de cáncer de

pulmón debido a su capacidad para generar especies reactivas de oxígeno que dañan el ADN y promueven mutaciones (Salnikow y Zhitkovich, 2008). Además, el cromo es nefrotóxico, ya que puede acumularse en los riñones, afectando su capacidad de filtración y provocando daño en los túbulos renales. Este daño se manifiesta clínicamente como insuficiencia renal aguda o crónica, especialmente en casos de exposición prolongada o en altas concentraciones (Becerra-Torres, *et al.*, 2014).

El formaldehído, un compuesto químico ampliamente utilizado en industrias y productos de consumo, está clasificado como carcinógeno humano por la IARC (2018). La exposición prolongada a esta sustancia, principalmente a través de inhalación en ambientes laborales o domésticos, se asocia con un mayor riesgo de cáncer de las vías respiratorias superiores y nasofaríngeo, debido a su capacidad para generar estrés oxidativo y dañar el ADN (Swenberg, *et al.*, 2012; Tang, *et al.*, 2009). Además, estudios recientes han señalado que el formaldehído puede inducir daño renal al promover la inflamación crónica y el estrés oxidativo, afectando la función glomerular y tubular de los riñones, lo que aumenta el riesgo de insuficiencia renal crónica en casos de exposición prolongada (Tang, *et al.*, 2009).

El mercurio, un metal pesado altamente tóxico, está relacionado tanto con el desarrollo de cáncer como con insuficiencia renal debido a sus propiedades bioacumulativas y sus efectos en sistemas biológicos clave. La exposición crónica al mercurio, particularmente en formas como el metilmercurio, está asociada con un mayor riesgo de cáncer debido a su capacidad para inducir estrés oxidativo, dañar el ADN y alterar las vías de señalización celular (Pamphlett, *et al.*, 2020a; 2020b). En cuanto a la salud renal, el mercurio se acumula en los riñones y causa daño tubular, lo que puede derivar en insuficiencia renal aguda o crónica, especialmente en contextos de exposición ocupacional o ambiental prolongada (Li, *et al.*, 2010).

El plomo, uno de los metales pesados más estudiados por su toxicidad, está vinculado tanto al desarrollo de cáncer como a la insuficiencia renal. Estudios han demostrado que la exposición crónica al plomo puede causar estrés oxidativo y daño al ADN, lo que incrementa el riesgo de cáncer en órganos como los riñones y los pulmones (Silbergeld, *et al.*, 2000). Además, el plomo es nefrotóxico, ya que se acumula en los

túbulos proximales de los riñones, donde provoca alteraciones estructurales y funcionales que pueden conducir a insuficiencia renal crónica. Este daño renal se agrava en poblaciones expuestas a niveles elevados de plomo en el agua o el suelo, especialmente en regiones cercanas a actividades industriales (Ekong, *et al.*, 2006). El estudio de calidad del agua del río Santiago del IMTA (2011) determinó que se emiten al río Santiago 2.1 kg de plomo al día.

La JA se enfoca en la distribución equitativa de los riesgos y beneficios ambientales, así como en la participación justa en las decisiones sobre el uso de los recursos naturales. En el caso de la ZSRS, las comunidades afectadas no solo han sido excluidas de las decisiones sobre el uso del agua y los recursos naturales, sino que también han sido desproporcionadamente expuestas a los efectos negativos de la contaminación industrial. Esta situación se agrava cuando se consideran las implicaciones en la salud pública, donde las personas no solo tienen derecho a un ambiente sano, sino también a una salud digna (Pellow, 2017).

La lucha por la JA en la ZSRS no puede desvincularse de la demanda por una reparación adecuada de los daños a la salud. Las empresas responsables de la contaminación deben ser obligadas a asumir los costos de la atención médica y la compensación económica para las familias afectadas. Esto se alinea con los principios del Acuerdo de Escazú, que ya son decreto oficial en México (DOF, 2021 abril 22), donde se establece la responsabilidad de garantizar el acceso a la información, la participación y la justicia en asuntos ambientales, reconociendo el derecho de las personas a un medio ambiente sano.

El caso de la ZSRS pone de manifiesto cómo la contaminación industrial no solo daña el medio ambiente, sino que tiene efectos devastadores en la salud pública. Las enfermedades crónicas, como el cáncer y la insuficiencia renal, son indicadores claros de cómo las políticas ambientales ineficientes y la falta de regulación de las actividades industriales han permitido la acumulación de una DE que ha sido pagada con la salud de las personas. La JA exige que las empresas contaminantes sean responsables de estos impactos y que las comunidades reciban las compensaciones necesarias para garantizar su derecho a la salud.

La región se ha convertido en un caso emblemático de cómo las decisiones económicas y políticas pueden tener consecuencias desiguales para diferentes grupos sociales, donde las comunidades más pobres y marginadas sufren los mayores impactos. Las soluciones a esta crisis de salud pública deben incluir no solo la reparación de los daños ambientales, sino también la provisión de servicios médicos adecuados y una mayor participación de las comunidades en la toma de decisiones.

La relación entre salud ambiental y justicia es innegable en el contexto de la ZSRS. El aumento de enfermedades como el cáncer y la insuficiencia renal no solo refleja los impactos directos de la contaminación, sino también las profundas desigualdades en la distribución de los riesgos ambientales. La JA en la región debe incluir el reconocimiento de los derechos de las comunidades afectadas a un medio ambiente sano y a una salud pública digna, así como la exigencia de que las empresas contaminantes asuman su responsabilidad en la reparación de los daños causados. Solo a través de un enfoque integral que incluya tanto la JA como la salud pública, será posible abordar la DE acumulada en la región y garantizar una vida digna para sus habitantes.

5.4 Reparación de daños socioambientales

La reparación de daños socioambientales constituye un pilar fundamental en el marco de la JA y la valoración de la DE. Este concepto, que trasciende la remediación técnica, busca restituir los derechos vulnerados de las comunidades afectadas, dignificar sus vidas y restaurar los ecosistemas impactados. Este capítulo analiza los principios y enfoques de la reparación socioambiental, su relevancia en la ZSRS y su conexión con modelos de desarrollo más equitativos.

La reparación socioambiental se fundamenta en un cambio paradigmático que reconoce a la naturaleza como sujeto de derechos. Este enfoque desafía la tradición antropocéntrica del derecho, que históricamente ha considerado al ambiente como un recurso explotable. Ejemplos como la Constitución de Ecuador de 2008, que consagra los derechos de la naturaleza, evidencian avances hacia una reparación integral que incluya la restauración de los ecosistemas afectados (Beristain, 2010).

La reparación socioambiental no se limita a la eliminación de contaminantes visibles. Su enfoque integral abarca dimensiones físicas, psicosociales, culturales y ecológicas, buscando:

- Restituir la calidad de vida y los derechos colectivos de las comunidades afectadas.
- Restaurar los ecosistemas impactados y garantizar su resiliencia futura.
- Promover reformas estructurales que prevengan la repetición de daños similares (Beristain, 2010).

En este contexto, el concepto de reparación integral también incluye la reconstrucción del tejido social y la devolución de la confianza entre las comunidades y las instituciones. La reparación de daños socioambientales se rige por principios fundamentales:

1. Participación comunitaria: Garantizar que las comunidades afectadas participen activamente en el diseño y la implementación de medidas de reparación.
2. Enfoque cultural: Respetar las tradiciones y cosmovisiones de las comunidades, especialmente en territorios indígenas.
3. Prevención: Incorporar medidas que reduzcan la probabilidad de futuros daños ambientales.
4. Equidad de género: Reconocer las particularidades de los impactos en mujeres y otros grupos vulnerables (Beristain, 2010).

A pesar de los avances teóricos y legales, la reparación enfrenta diversos obstáculos en su aplicación como la *Falta de reglas claras*; es decir, la ambigüedad en los marcos normativos dificulta la implementación efectiva de medidas reparadoras; así como los *Intereses económicos y políticos*, se trata de la influencia de grandes corporaciones y la debilidad institucional que limitan la capacidad de las comunidades para exigir justicia; así como las *Dificultades técnicas*, que se refiere a la falta de datos confiables y el acceso restringido a recursos científicos, lo que complica la valoración del daño y su reparación (Beristain, 2010).

En la ZSRS, los impactos derivados de la actividad industrial y la gestión deficiente de residuos han generado graves daños a la salud y al ambiente. La aplicación de un enfoque integral de reparación es clave para abordar: la restauración de cuerpos de agua contaminados, como el río Santiago; la atención a los afectados por enfermedades asociadas a la contaminación, como el cáncer y la insuficiencia renal, así como la prevención de futuros daños mediante la transformación de procesos industriales hacia modelos sostenibles.

La reparación socioambiental representa una herramienta para avanzar hacia la JA. Su enfoque integral no solo busca mitigar los daños del pasado, sino también construir un futuro más equitativo y sostenible. En el contexto de la ZSRS, el desarrollo de mecanismos efectivos de reparación es esencial para conocer la DS y buscar que se garanticen los derechos de las generaciones presentes y futuras.

6. Metodología: Valoración de la deuda socioecológica

La valoración de la DS en la ZSRS se basa en un enfoque metodológico interdisciplinario que integra tanto herramientas cuantitativas como cualitativas. El objetivo es medir y estimar los costos ambientales y sociales acumulados por las actividades industriales en la región, en especial los efectos sobre la salud pública y el ambiente. En este capítulo se detalla el proceso metodológico utilizado para valorar la DS, considerando diferentes dimensiones de impacto y los lenguajes de valoración biofísica y monetaria.

6.1. Diseño metodológico

El diseño metodológico para la valoración de la DS en la ZSRS se desarrolla en varias etapas que combinan técnicas de investigación cuantitativa y cualitativa. Estas etapas incluyen la recopilación de datos primarios y secundarios, el uso de indicadores ambientales y de salud, así como la aplicación de modelos de valoración económica para los daños a la salud y ambientales.

6.1.1 Investigación acción participativa y la economía ecológica para abordar la complejidad

La ciencia postnormal, tal como la definen Funtowicz y Ravetz (1993), es un enfoque que reconoce la incertidumbre, la complejidad y la influencia de los valores en la ciencia, especialmente en contextos donde los hechos son inciertos, los valores están en disputa y las decisiones deben tomarse con urgencia. En la ZSRS, este enfoque resulta fundamental para abordar la DE, dado que las afectaciones a la salud y al ambiente son complejas, multifacéticas y están atravesadas por múltiples actores e intereses.

La ciencia postnormal surge como una respuesta a la incapacidad de la ciencia convencional para gestionar problemas de alta complejidad, donde los datos son insuficientes, los valores en conflicto y las consecuencias de la inacción pueden ser catastróficas. Desarrollado inicialmente por Funtowicz y Ravetz (1994), este enfoque ha sido clave para comprender y enfrentar crisis globales como la COVID-19 y el cambio climático, donde la incertidumbre y la urgencia requieren procesos decisionales más abiertos e inclusivos. En tales escenarios, los expertos acreditados no siempre pueden prever todas las implicaciones de determinadas tecnologías o políticas, por lo que su conocimiento, aunque esencial, resulta insuficiente para abordar la totalidad del problema.

Para responder a esta limitación, la ciencia postnormal propone la creación de una comunidad de pares extendida, en la que las partes interesadas afectadas por un problema o decisión participan activamente en la evaluación de alternativas. Esto reconoce que los actores locales también poseen conocimientos valiosos derivados de su experiencia cotidiana y su comprensión del entorno. En este modelo participativo, la ciencia es solo una de muchas fuentes de evidencia que deben considerarse en la toma de decisiones. Un ejemplo ilustrativo de este enfoque es el debate sobre el cambio climático, donde, a pesar de las incertidumbres, la magnitud del problema, los valores implicados y la urgencia de la crisis exigen acciones inmediatas y una participación pública amplia para garantizar la calidad y legitimidad del proceso decisional (Keynen, 2009).

En el constante devenir del conocimiento, el PC emerge como una senda de la comprensión profunda. Su meticuloso proceso de evaluación se sostiene en los pilares de la pertinencia, la rigurosidad científica y la legitimidad del saber. Considera la pluralidad de voces, la intrincada trama de la realidad y reconoce las dinámicas entre elementos aparentemente dispares. La esencia misma de su enfoque reside en la reivindicación de la intersubjetividad, donde convergen las miradas diversas en un diálogo fecundo, y en la polifonía que da voz a cada matiz del universo estudiado, celebrando así la riqueza de sus interacciones (Guardiola, 2017).

Complementariamente, la IAP se erige como un puente hacia la transformación social. En su devenir, no solo identifica las problemáticas que aquejan a la sociedad, sino que se compromete activamente en su abordaje. Reconoce en cada individuo y en cada comunidad un saber valioso, moldeado por contextos culturales e históricos únicos. El PC y la IAP convergen en su afán por comprender y transformar la realidad. Ambos abordan la diversidad, la intersubjetividad y la contextualización como pilares fundamentales de su quehacer (Guardiola, 2017).

La EE se suma a estos enfoques al proporcionar una perspectiva integradora que considera las interacciones entre sistemas ecológicos y económicos. La EE se enfoca en entender cómo las actividades económicas impactan los sistemas naturales y viceversa, promoviendo la JA. La EE aboga por un enfoque holístico que permite evaluar y gestionar el ambiente de manera que se minimicen los impactos negativos sobre el entorno natural.

Según Edgar Morin (2005), el PC plantea que la mente humana no puede separarse del contexto biológico y cultural en el que está inmersa. Esto significa que nuestras mentes están moldeadas por nuestras tradiciones familiares, sociales, genéticas y étnicas. Además, señala que el mundo físico solo puede ser comprendido por seres biológicos y culturales. En este sentido, la tarea del conocimiento científico no es simplificar la complejidad de los fenómenos, sino desarrollar métodos que puedan abordar adecuadamente la complejidad, enfrentando la interdependencia de estos fenómenos, así como la incertidumbre y la contradicción que los caracteriza.

“Tanto el pensamiento complejo como la investigación acción participativa propician el reconocimiento de la diversidad social, cultural, biológica, pero de ninguna manera le restan importancia a la unidad humana, planetaria. Unitas Multiplex, o Unidad en la diversidad, reclaman ambas posturas filosóficas. Desde este reconocimiento de la diversidad critican las posiciones etnocéntricas y eurocéntricas. Admiten la importancia de la globalización que posibilita la infraestructura de una sociedad-mundo y una economía mundializada pero sin control. Globalización que encuentra serias resistencias étnicas, culturales y religiosas a sus afanes homogeneizadores y a la transferencia y utilización del conocimiento científico y tecnológico que no responden a las diversas realidades socioculturales con sus complejas interacciones en la sociedad” (Guardiola, 2017, p. 194).

Al analizar las similitudes entre el PC, IAP y la EE se revela su esencia dialogante, la cual está presente en sus enfoques de investigación, en la crítica y auto-crítica de sus ideas sobre el conocimiento, y en su objetivo de hacer que el conocimiento sea accesible a todos mediante el reconocimiento del intercambio de saberes. Este intercambio, a su vez, reconoce la importancia de los movimientos sociales de los pueblos originarios y sus culturas (Guardiola, 2017).

Los líderes de esta corriente intelectual ponen énfasis especial en la democracia, la participación ciudadana y la diversidad. La IAP se considera un método de investigación que busca establecer relaciones igualitarias entre sujetos, con el objetivo de generar dinámicas sociales, políticas y económicas más equitativas y participativas. Además, se percibe como una herramienta dentro del activismo social, impregnada de un compromiso tanto ideológico como espiritual para fomentar acciones colectivas transformadoras (Fals-Borda, *et al.*, 1991). El uso de la IAP es clave en este estudio, ya que permite involucrar activamente a las comunidades afectadas en el proceso de investigación, garantizando que sus voces y conocimientos locales sean parte integral del análisis y las soluciones propuestas (Kindon, Pain, y Kesby, 2007). La integración de la IAP con la EE ofrece un enfoque innovador para calcular la DS y utilizarla como una herramienta en la lucha por la JA.

6.2. Fuentes de información y recopilación de datos

El análisis de la DS en la ZSRS se basa en datos recolectados de fuentes diversas, incluyendo entrevistas semiestructuradas, informes de instituciones públicas, estudios académicos y organizaciones de JA que han documentado los impactos en la región. Las principales fuentes utilizadas incluyen:

6.2.1 Observación participante

Para caracterizar y analizar la DS desde la perspectiva de los habitantes más afectados en términos de salud pública en la ZSRS, se implementó la técnica de *observación participante*, propuesta por Guber (2004). Este enfoque metodológico permitió adentrarnos en los significados, vivencias y sentidos que experimentan los habitantes y las organizaciones sociales, a través de una inmersión subjetiva que busca no solo explicar las problemáticas, sino comprenderlas desde una perspectiva integral. Esta técnica se distingue por ser un proceso reflexivo en el que tanto los participantes como los investigadores contribuyen al conocimiento, mediante la interacción y el aprendizaje recíproco con los actores sociales involucrados.

El uso de esta técnica cualitativa fue esencial para obtener información y comprender fenómenos sociales en su entorno natural (Rodríguez-Gómez, *et al.*, 1996). La observación participante permitió registrar de forma espontánea las dinámicas y eventos tal como ocurrían en contextos cotidianos, como asambleas, talleres, reuniones y actividades organizadas por USV. Este acercamiento directo generó insumos valiosos para realizar descripciones, análisis y reflexiones a partir de la convivencia y participación en las comunidades.

El trabajo de campo se desarrolló principalmente en los municipios de El Salto, Juanacatlán y Poncitlán, en el estado de Jalisco, donde se encuentran localizados los grupos más afectados por la contaminación ambiental. Como señala Guasch (1996), este tipo de trabajo implica una aproximación directa a los lugares donde los actores sociales construyen su realidad, otorgando sentido y valor a sus prácticas y procesos históricos. Durante más de dos años de investigación, la inmersión en las comunidades y en la agrupación USV fue un componente esencial para la construcción de este proyecto. El

conocimiento que poseen los miembros de USV y los habitantes de la comunidad sobre la problemática de la región es extenso y profundo, y sería imposible para un investigador externo recopilar una cantidad equivalente de información en el tiempo limitado de una investigación de maestría. Además, mi participación en la agrupación no solo facilitó el acceso a estos saberes, sino que también generó aportes a la comunidad, los cuales se describen en el capítulo 8.1 de la sección de resultados. Este proceso incluyó:

- Interacciones directas con los miembros de USV y los habitantes afectados.
- Participación activa en las actividades organizadas, como talleres y eventos comunitarios.
- Mayor contacto con personas afectadas por enfermedades como el cáncer y la insuficiencia renal.
- Integración como un miembro más dentro de la dinámica de la organización.

Este enfoque permitió comprender de manera profunda la cotidianidad, las experiencias y los procesos sociales desde la visión de sus actores, así como capturar datos relevantes sobre su cosmovisión. La observación participante, como técnica, fue utilizada para estudiar desde dentro los procesos y realidades de las comunidades, minorías y organizaciones sociales, tal como lo recomienda Guasch (1996).

Además, se empleó el enfoque de la IAP, que facilita identificar conceptos clave desde la perspectiva de los propios participantes, respetando sus contextos sociales y culturales. Este proceso se complementó con el uso del *diario de campo* (Chávez y Daza, 2003; Denzin y Lincoln, 2005), un instrumento que permitió registrar de forma sistemática las observaciones, reflexiones y descripciones surgidas en cada actividad (anexo 2).

Finalmente, los participantes principales en este proceso incluyeron a los miembros de USV y a los habitantes afectados que decidieron colaborar activamente en la investigación. Este enfoque permitió profundizar en la realidad de las comunidades afectadas, generando un conocimiento más integral y sensible a sus contextos específicos.

6.2.2 Entrevistas semiestructuradas

La *entrevista semiestructurada* fue implementada como una herramienta metodológica clave para explorar y comprender las percepciones, experiencias y opiniones de los habitantes de la región afectados por enfermedades crónicas, como el cáncer e insuficiencia renal. Este método destaca por su flexibilidad, permitiendo obtener información detallada mientras se ajusta a las respuestas de los participantes, facilitando una comprensión más profunda sobre la relación entre las afectaciones a la salud y la contaminación ambiental, además de las expectativas de reparación y compensación por parte de las empresas responsables (Kallio, *et al.*, 2016).

La entrevista semiestructurada combina preguntas previamente diseñadas con la flexibilidad de incluir cuestionamientos espontáneos durante la interacción, lo que facilita una comprensión más profunda de los fenómenos sociales y ambientales (Kvale y Brinkmann, 2009). Este tipo de entrevista es particularmente útil en investigaciones donde se busca captar significados subjetivos y perspectivas únicas, como es el caso de las comunidades afectadas en ZSRS (Bryman, 2016).

El diseño de la entrevista se basó en preguntas previamente estructuradas, acompañadas de espacio para respuestas abiertas que promovieran la expresión de opiniones y experiencias individuales. Esto permitió tanto recolectar datos comparables entre los participantes como identificar narrativas emergentes (Edwards y Holland, 2013). De acuerdo al documento base de la entrevista (Anexo 1), los temas clave incluyeron:

1. Datos generales de los participantes, como edad, género, ocupación y tiempo de residencia en la región.
2. Impactos a la salud, explorando diagnósticos de enfermedades, gastos médicos y percepciones sobre la relación entre la contaminación y las afectaciones.
3. Responsabilidad empresarial, incluyendo opiniones sobre la DS y las medidas de reparación.
4. Marco legal, evaluando la percepción sobre las leyes ambientales y su eficacia.

5. Expectativas de reparación, enfocadas en propuestas de acción comunitaria y gubernamental para mitigar los daños.

Cada sección fue diseñada para generar datos tanto cuantitativos como cualitativos, integrando preguntas cerradas y abiertas para permitir el análisis estadístico y la interpretación narrativa (Patton, 2015).

La entrevista se llevó a cabo en el municipio de El Salto, una de las localidades más afectadas por la contaminación ambiental. De acuerdo con Bryman (2016), el contexto geográfico de aplicación es un elemento clave para comprender cómo los fenómenos sociales y ambientales impactan las dinámicas comunitarias. En total, se realizaron 10 entrevistas a personas diagnosticadas con cáncer o insuficiencia renal, priorizando la profundidad del análisis sobre la cantidad de participantes. Dada la naturaleza sensible y compleja del tema, se buscó obtener testimonios detallados que permitieran comprender las experiencias individuales, las percepciones sobre la relación entre la contaminación ambiental y su enfermedad, así como los impactos sociales y económicos que enfrentan. Además, las limitaciones logísticas y éticas, como la dificultad de acceso a pacientes en condiciones de salud vulnerables y la necesidad de garantizar un proceso de entrevista respetuoso y seguro, influyeron en la selección de un número reducido de participantes. Este enfoque permitió recopilar datos con un alto nivel de significado, proporcionando insumos clave para la valoración de la DS en la ZSRS, sin comprometer la calidad y profundidad del análisis. La recolección de información incluyó notas de campo, asegurando la confidencialidad y privacidad de los participantes (Chávez y Daza, 2003). Solo se identificó a aquellos entrevistados que expresaron su consentimiento explícito para que se mencionara su nombre.

Es importante destacar el papel fundamental de la asociación civil Un Salto con Destino (USD), que desde 2010 ha trabajado en la región brindando atención médica, promoviendo la educación y fomentando la prevención de enfermedades. Su apoyo fue esencial para facilitar el contacto y la realización de entrevistas con personas afectadas por cáncer e insuficiencia renal, asegurando un enfoque respetuoso y comprometido con las necesidades de los participantes.

USD me apoya con medicamentos, son muy difíciles de conseguir porque son controlados. Cada caja cuesta 800 pesos y al principio del tratamiento tomaba una caja por día, después semanalmente. Cuesta muy caro esta enfermedad (Adrian López, comunicación personal, 18 de noviembre de 2024).

Durante la aplicación, asumí un rol activo para generar un entorno de confianza, fomentando la participación abierta y sincera. Esto se alinea con los principios de la IAP, que promueven la colaboración entre el investigador y la comunidad para construir conocimiento desde las experiencias vividas (Fals-Borda, *et al.*, 1991).

Los datos obtenidos se sistematizaron y analizaron empleando herramientas de codificación cualitativa para identificar patrones, temas recurrentes y relaciones significativas. Este enfoque permitió vincular los relatos individuales con el contexto sociopolítico más amplio, una práctica recomendada en la investigación social aplicada (Saldaña, 2021).

El uso de la entrevista semiestructurada contribuyó significativamente a la investigación, ya que:

- Capturó las perspectivas de los habitantes sobre los impactos en su salud y vida diaria.
- Recolectó información valiosa sobre el costo económico y emocional de las enfermedades relacionadas con la contaminación.
- Identificó expectativas y propuestas de los participantes sobre la reparación del daño ambiental.

Este método no solo enriqueció los hallazgos, sino que también fortaleció la perspectiva participativa de la investigación, posicionando las voces de los habitantes como un eje central para comprender y valorar la DS en la ZSRS. Sin embargo, también planteó retos, como la gestión de las emociones de los participantes ante un tema tan sensible y la necesidad de un análisis riguroso de los datos narrativos (Rubin y Rubin, 2012).

6.2.3 Datos ambientales

Se utilizan datos proporcionados por la SEMARNAT por medio del RETC para medir los niveles de contaminación que emiten las empresas al aire, agua y suelo de la región. Estos datos se complementan con estudios científicos que analizan la presencia de metales pesados y otras sustancias tóxicas en el ambiente.

6.2.4 Datos de salud pública

La información sanitaria proviene de informes del INEGI que se obtuvo de hospitales locales, donde se han documentado las cantidades de pacientes con cáncer e insuficiencia renal. Estos datos son fundamentales para valorar los costos sociales y económicos de los impactos en la salud de las comunidades afectadas.

6.2.5 Datos de economía

Se utilizaron estimaciones con base a informes de GNP Seguros y AXA México, las dos aseguradoras con mayor cantidad de usuarios en México. Estos datos se complementan con estudios científicos que calcularon costos de tratamientos de cáncer e insuficiencia renal en diversos casos de estudio.

6.3. Indicadores de Valoración

La valoración de la DS se basa en dos enfoques clave: a) indicadores biofísicos e b) indicadores monetarios.

6.3.1 Indicadores biofísicos

Por medio de regresiones lineales se midieron las concentraciones de sustancias cancerígenas y nefrotóxicas en el aire, agua y suelo para establecer una base científica sobre los daños a la salud causados por las emisiones industriales.

La regresión lineal es una técnica estadística fundamental utilizada para modelar la relación entre una variable dependiente (y) y una o más variables independientes (x). Este método es ampliamente empleado en diversos campos, como economía, ciencias sociales, biología y ciencias ambientales, debido a su simplicidad y capacidad para explicar relaciones lineales entre variables (Montgomery, *et al.*, 2021).

En su forma más básica, la regresión lineal simple se representa mediante la ecuación:

$$y = \beta_0 + \beta_1 x + \varepsilon$$

Donde:

- y : Variable dependiente o de respuesta.
- x : Variable independiente o explicativa.
- β_0 : Intercepto, que representa el valor esperado de y cuando $x = 0$.
- β_1 : Pendiente, que indica el cambio en y por cada unidad adicional de x .
- ε : Término de error, que refleja las diferencias entre los valores observados y los estimados.

La estimación de β_0 y β_1 se realiza a través del método de los mínimos cuadrados, el cual minimiza la suma de los cuadrados de las diferencias entre los valores observados y los predichos (Wooldridge, 2020).

La pendiente (β_1) representa el cambio promedio en la variable dependiente por cada unidad adicional de la variable independiente. Por ejemplo, en un estudio ambiental, β_1 podría indicar el aumento promedio en la incidencia de enfermedades relacionadas con la exposición a sustancias tóxicas.

El intercepto (β_0) indica el valor estimado de la variable dependiente cuando la variable independiente es igual a cero. Aunque este valor puede no tener un significado práctico en algunos contextos, es crucial para ajustar el modelo.

El coeficiente de determinación (R^2) mide la proporción de la variabilidad total de la variable dependiente que puede explicarse por el modelo de regresión. Un R^2 cercano a 1 indica un ajuste fuerte, mientras que valores cercanos a 0 sugieren un ajuste débil (Kutner, *et al.*, 2005).

La regresión lineal tiene aplicaciones prácticas significativas. Por ejemplo, en economía, se utiliza para modelar la relación entre el ingreso y el gasto de los hogares.

En ciencias ambientales, se emplea para analizar el impacto de las emisiones industriales en la salud pública. En la salud, se aplica para estudiar la relación entre factores de riesgo y la incidencia de enfermedades.

A pesar de su utilidad, la regresión lineal presenta diversas limitaciones que deben considerarse para garantizar la validez y precisión de los resultados. En primer lugar, asume una relación lineal entre las variables, lo cual no siempre es aplicable en la realidad. Además, factores como la presencia de valores atípicos, la multicolinealidad o una distribución no normal de los errores pueden afectar significativamente la precisión del modelo (Montgomery, *et al.*, 2021).

Uno de los principales supuestos de la regresión lineal es la linealidad, es decir, que existe una relación lineal entre las variables independientes y la dependiente. Cuando este supuesto no se cumple, el modelo puede generar estimaciones sesgadas, lo que incrementa la incertidumbre en las predicciones. Por ello, es fundamental verificar la linealidad de los datos antes de aplicar este método (Dagnino, 2014).

Otro supuesto esencial es el de homoscedasticidad, que establece que la varianza de los errores debe mantenerse constante en todos los niveles de las variables independientes. Su violación, conocida como heterocedasticidad, puede generar estimaciones ineficientes y llevar a una subestimación o sobreestimación de la incertidumbre en las predicciones. Para mitigar este problema, se recomienda analizar los residuos del modelo y detectar patrones indicativos de heterocedasticidad (Yang y Yao, 2021).

Asimismo, la regresión lineal asume que los errores son independientes entre sí. Sin embargo, en situaciones donde los datos presentan correlación, como en series temporales o análisis espaciales, esta suposición puede no cumplirse, introduciendo incertidumbre adicional en el modelo. Evaluar la independencia de los errores es clave para garantizar la validez de los resultados (Dagnino, 2014).

Un problema común en regresión lineal es la multicolinealidad, que ocurre cuando dos o más variables independientes están altamente correlacionadas. Esta condición dificulta la estimación precisa de los coeficientes, generando inestabilidad en el modelo

y aumentando la incertidumbre en las predicciones. Por ello, es crucial detectar y tratar la multicolinealidad para garantizar la estabilidad del modelo (Del Valle y Guerra, 2012).

La presencia de valores atípicos es otro factor que puede afectar significativamente la precisión del modelo. Estos valores extremos pueden distorsionar las estimaciones y aumentar la incertidumbre en los resultados. Identificarlos y tratarlos adecuadamente es fundamental para mejorar la robustez del modelo (Amat, 2016).

Finalmente, la selección inadecuada de variables o la omisión de variables relevantes pueden introducir incertidumbre en el modelo, afectando la validez de las inferencias. Para minimizar este riesgo, es esencial realizar una selección rigurosa de variables y considerar posibles interacciones entre ellas (Yang y Yao, 2021).

Si bien la regresión lineal es una herramienta versátil para modelar relaciones entre variables, su correcta aplicación requiere el cumplimiento de ciertos supuestos y un entendimiento profundo de sus limitaciones. Identificar y abordar estas fuentes de incertidumbre es crucial para obtener resultados precisos y confiables.

6.3.2 Indicadores monetarios de la deuda socioecológica

El cálculo de la DS se realiza utilizando modelos económicos que estiman los costos de restauración del medio ambiente y los costos en salud pública. El costo de la enfermedad se utiliza para valorar los gastos médicos relacionados con las enfermedades crónicas (cáncer e insuficiencia renal) y los costos indirectos, como la pérdida de productividad laboral y la disminución de la calidad de vida (Chávez-Gómez, *et al.*, 2017).

La noción de DE surgió por primera vez a principios de los años 90, conceptualizada por OSC en Sudamérica como una forma de reimaginar la deuda financiera que los países del Sur tienen con los del Norte. Desde entonces, ha sido adoptada globalmente por diversas OSC y analizada por científicos que han abordado y resuelto problemas metodológicos asociados (Martínez-Alier, 2002). Martínez-Alier (2002) introdujo la distinción entre la DE privada, atribuible a las corporaciones, y la DE pública, que incluye la deuda de carbono o climática. Simms (2005) argumenta que las deudas ecológicas pueden ser definidas de manera muy amplia, abarcando la contaminación, el saqueo de recursos y el uso desproporcionado del medio ambiente. El

aspecto de la contaminación también se conoce como daño ecológico, siendo esta una de las facetas más fácilmente cuantificables, lo que ha llevado a los economistas ecológicos a adoptarla frecuentemente. La DE puede también ser referida como responsabilidad ambiental. Este documento plantea ahora la pregunta: ¿Cuál es el monto de la DS acumulada entre 2004 y 2022 por las empresas que emiten sustancias cancerígenas y nefrotóxicas en la ZSRS en perjuicio de los habitantes de la zona?

En el presente estudio de caso, aunque hace tres décadas las primeras manifestaciones de los habitantes afectados enfrentaban incertidumbres sobre la relación entre los contaminantes industriales y la salud, las investigaciones científicas recientes han reducido drásticamente esas dudas. Las comunidades se han movilizado para recopilar información y realizar investigaciones sanitarias locales que demuestran este vínculo a nivel local, haciendo un llamamiento a la acción a través de la epidemiología popular. Sin embargo, las empresas han trabajado en dirección opuesta, aumentando las percepciones de incertidumbre y debilitando de manera efectiva las demandas comunitarias.

Este caso es un ejemplo de contexto postnormal, no debido a la alta incertidumbre (como destacan las empresas), sino porque hay mucho en juego, como la vida y la salud, y decisiones urgentes que tomar. Observamos indicios abrumadores que muestran una relación causa-efecto entre las emisiones contaminantes de las empresas y los daños a la salud, así como la pérdida de capacidades entre los habitantes de la ribera del río Santiago.

Para responder a la pregunta central de cuál es la DS, se calcularon los costos directos asociados a todos los daños ecológicos identificables, aunque sin pretender ofrecer una imagen completa de todos los perjuicios, pero se consideraron los costos sociales y ambientales. Algunos costos, como la disminución del coeficiente intelectual debido a los elevados niveles de plomo, arsénico o cadmio en la sangre de los niños que viven cerca del río Santiago, pueden vincularse claramente a las emisiones industriales, aunque no pueden cuantificarse con precisión. Otros daños, como los causados por el alto volumen de tráfico pesado, son difíciles de atribuir exclusivamente a las fábricas,

dado que otras industrias cercanas también contribuyen al tráfico. También podría haber una conexión con las mortandades masivas de peces en la década de 1970, pero estos incidentes ocurrieron hace tiempo y no existen suficientes datos para investigar la causa real.

Por lo tanto, en este estudio, nos centramos en calcular el daño causado por las emisiones de 8 sustancias cancerígenas y 7 sustancias nefrotóxicas de las empresas ubicadas en la ZSRS, para las cuales hay evidencia sustancial. El objetivo es obtener una idea del daño ecológico mínimo causado desde el momento en que las empresas supieron que estaban generando dicho daño.

Los cálculos de la DE de las plantas industriales no son novedosos y han tenido diversas repercusiones, incluyendo juicios exitosos contra grandes contaminadores. Entre los casos más conocidos se encuentran el desastre de Bhopal en la India y el caso de PG&E en Estados Unidos, esta última fue obligada a pagar 333 millones de dólares (6,726.6 millones de pesos)⁷ en indemnizaciones a los afectados, la mayor indemnización jamás pagada en una demanda colectiva en la historia de Estados Unidos hasta ese momento (Meynen, 2009). En México, la legislación permite demandas colectivas con un mínimo de 30 afectados, aunque estas enfrentan barreras como la corrupción y la violencia.

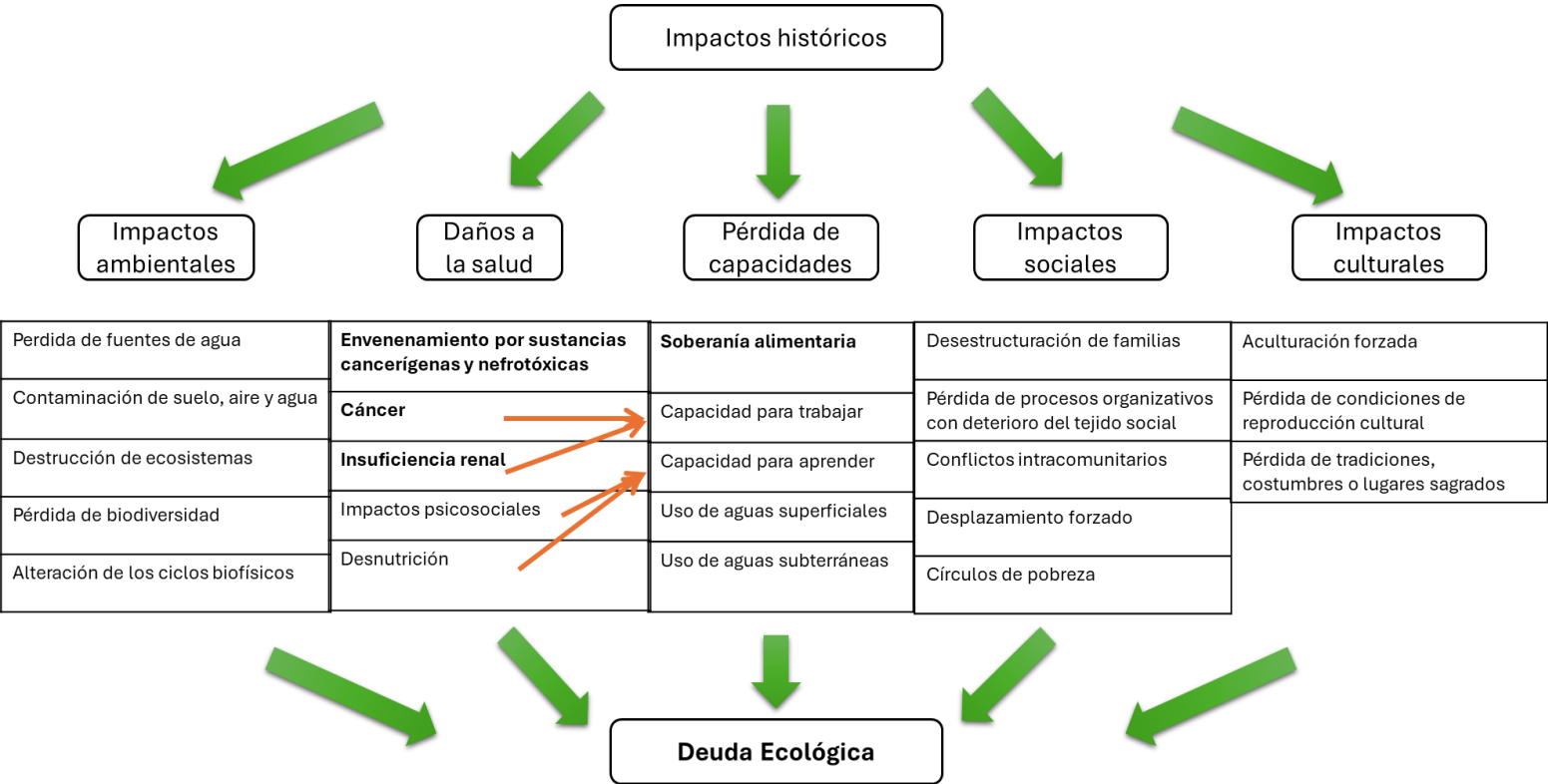
Normalmente, los demandantes deben cubrir los costos de los peritos, que pueden oscilar entre 495 y 4,950 dólares (10,000 y 100,000 pesos). Si bien se mantienen los honorarios iniciales para los abogados especializados en medio ambiente, este costo puede ser mitigado por la compensación obtenida en caso de ganar el juicio, y podría ser evitado completamente mediante el uso de abogados que trabajen pro-bono.

Por supuesto, corresponde a los propios afectados decidir si desean buscar JA a través de los tribunales y cómo hacerlo. El cálculo que realizamos solo les proporciona a ellas y a la empresa una idea de lo que está en juego. La figura 1 ofrece una visión

⁷ Las cifras monetarias presentadas en el estudio se basan en el tipo de cambio de diciembre de 2024, en el que 1 dólar estadounidense equivale a 20.20 pesos mexicanos. Para facilitar la comprensión de los datos tanto a lectores locales como extranjeros, los montos se expresan en ambas monedas: dólares y pesos.

general del marco de DS utilizado en este estudio, basado en los trabajos de Meynen (2009) y de Martín (2010). Solo se han calculado los elementos que aparecen en negritas y representan una suma parcial de la DE total.

Figura 1. Marco de la deuda socioecológica



Fuente: elaboración propia con base a Meynen (2009) y Martín (2010).

Nota: las palabras en negritas son las calculadas y solo representan una parte de la DE.

La metodología para la valoración de la DS en la ZSRS integra enfoques cuantitativos y cualitativos, ofreciendo una visión completa de los daños causados por las empresas industriales. Utilizando la EE como marco de referencia, esta investigación busca cuantificar los daños en la búsqueda de JA. La estimación de la DS proporciona una base sólida para futuras acciones legales y políticas que exijan la reparación de los daños ambientales, así como la reapareción a las comunidades afectadas.

6.5. Limitaciones y consideraciones éticas

Si bien la metodología propuesta permite una estimación robusta de la DS, es importante señalar que algunas formas de daño no pueden ser cuantificadas con precisión, como la pérdida de bienestar psicosocial de las comunidades afectadas, los efectos a largo plazo en la biodiversidad o los costos indirectos. Además, la posibilidad de llevar a cabo demandas colectivas enfrenta barreras estructurales, como la corrupción y la violencia, que dificultan el acceso a la justicia para las comunidades afectadas.

7. Contexto socioambiental en la ZSRS

7.1. Historia socioambiental de la ZSRS

La ZSRS ha sido históricamente una zona estratégica para la actividad económica e industrial en el occidente de México. Sin embargo, este desarrollo económico ha tenido costos ambientales significativos que se han acumulado a lo largo de los años, provocando una profunda crisis socioambiental. Este capítulo analiza la historia ambiental de la ZSRS, enfocándose en cómo el crecimiento industrial y la falta de regulación ambiental han transformado la región en un área de emergencia sanitaria y ambiental. A través del análisis de los principales eventos históricos y políticas ambientales, se busca entender las raíces de los conflictos ecológicos y la acumulación de la DS en la región.

En el presente estudio, ZSRS se delimitó considerando los municipios seleccionados mencionados en la Recomendación 1/2009 de la CEDHJ, donde se corroboró “la violación de los derechos a la salud y a un medio ambiente sano y ecológicamente equilibrado” (p. 1). Aunque las afectaciones varían en intensidad entre las distintas comunidades, se decidió incluir todo este territorio debido a su implicación causal en los problemas observados en los 18 municipios siguientes: Arandas, Atotonilco el Alto, Chapala, El Salto, Guadalajara, Ixtlahuacán de los Membrillos, Juanacatlán, Ocotlán, Poncitlán, San Ignacio Cerro Gordo, San Pedro Tlaquepaque, Tepatitlán de Morelos, Tlajomulco de Zúñiga, Tonalá, Tototlán, Zapopan, Zapotlán del Rey y Zapotlanejo (figura 2).

La ZSRS se encuentra en el estado de Jalisco, en la parte occidental de México, colindando con otras 6 entidades; al norte con Zacatecas y Aguascalientes, al este con Guanajuato y Michoacán de Ocampo, al sur con Colima y al oeste con Nayarit. Es parte de la cuenca Lerma-Chapala-Santiago, la cual nace como el río Lerma en las montañas de Almoloya del Río, en el Estado de México. Desde allí fluye a través de los estados de Hidalgo, Querétaro, Guanajuato y Michoacán, hasta llegar al lago de Chapala en Jalisco. En este punto, se transforma en el río Santiago y atraviesa la región de La Ciénega, alcanzando las cabeceras municipales de El Salto y Juanacatlán, siguiendo su trayecto por la periferia de la ZMG. Posteriormente, el río se encajona y sigue su curso hasta desembocar en el Océano Pacífico, en Santiago Ixcuintla, Nayarit, recorriendo un total de 1,281 kilómetros (USV, 2020).

La agrupación USV (2020) narra cómo la contaminación en la zona ha aumentado con el crecimiento industrial y la disminución del caudal en la cuenca, manifestándose en cuatro etapas clave:

1. A finales del siglo XIX, con la fábrica textil Río Grande.
2. En 1935, con la instalación de la empresa suiza Nestlé, seguida en 1942 por la estadounidense Celanese, y en los años 50 con la construcción del proyecto de abastecimiento para la ciudad de Guadalajara y otras derivaciones de riego que alteraron drásticamente la dinámica hidrológica Chapala-Santiago.
3. En 1967, con la creación del corredor industrial Ocotlán-El Salto, ubicado en la cuenca de El Ahogado, y la posterior instalación y expansión, en 1972, de la empresa suiza Ciba Geigy, se consolidó un proceso de industrialización que se convertiría en un símbolo de la devastación del río Santiago.
4. Con la apertura comercial y el Tratado de Libre Comercio de América del Norte (TLCAN), se atrajeron a la cuenca de El Ahogado alrededor de 400 industrias, las cuales operan hasta la fecha. En total, se han contabilizado alrededor de 750 industrias en todo el corredor, más de 70 de ellas son transnacionales.

Las características biofísicas de la región, como su riqueza natural, junto con las laxas regulaciones ambientales, propiciaron el desarrollo de actividades económicas de alto impacto socioambiental. El desarrollo industrial en la ZSRS comenzó a intensificarse a

mediados del siglo XX, cuando las políticas de industrialización impulsadas por el gobierno mexicano promovieron la creación de zonas industriales. En este contexto, grandes empresas del sector químico, textil y metalúrgico se establecieron a lo largo del río Santiago, utilizando sus aguas tanto para abastecimiento como para la disposición de desechos industriales sin un tratamiento adecuado (McCulligh, 2017).

Desde la década de 1970, la ZSRS ha sido identificada como una de las regiones más contaminadas del país, debido a las descargas industriales que contienen metales pesados y otros contaminantes tóxicos. Las primeras señales de degradación ambiental comenzaron a manifestarse con la desaparición de fauna acuática y el deterioro de la calidad del agua. A pesar de las advertencias de los científicos y las comunidades locales, el crecimiento industrial continuó sin que se implementaran medidas de control adecuadas (USV, 2020).

El impacto ambiental de las actividades industriales en la ZSRS ha sido devastador. La contaminación del agua, aire y suelo ha afectado de manera directa a las comunidades locales, que han reportado un aumento significativo en enfermedades como el cáncer y la insuficiencia renal. De acuerdo con la UASLP (2010), las poblaciones que habitan cerca del río Santiago presentan una exposición a los contaminantes que causan estas enfermedades, lo que ha llevado a diversas organizaciones locales a manifestar y exigir a las autoridades que se declare como una región de emergencia sanitaria.

El deterioro de la salud pública está estrechamente relacionado con la exposición prolongada a metales pesados como el arsénico, cadmio, plomo y mercurio, los cuales han sido detectados en niveles alarmantes en las aguas del río (Bundschuh, *et al.*, 2012). Este tipo de contaminación no solo afecta a las personas, sino también a los ecosistemas locales, donde la pérdida de biodiversidad es evidente. Los cuerpos de agua que antes eran utilizados para la pesca y el riego agrícola ahora están severamente contaminados, lo que ha afectado las actividades productivas de las comunidades.

A lo largo de la historia de la ZSRS, la falta de una política ambiental efectiva ha exacerbado los conflictos entre las comunidades afectadas y las empresas industriales. Aunque México ha implementado diversas leyes ambientales desde la década de 1980,

como la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (LGEEPA), su aplicación en la ZSRS ha sido limitada y poco efectiva (McCulligh, 2017). Las industrias han continuado operando con escasa supervisión, lo que ha permitido que la contaminación persista y se agrave.

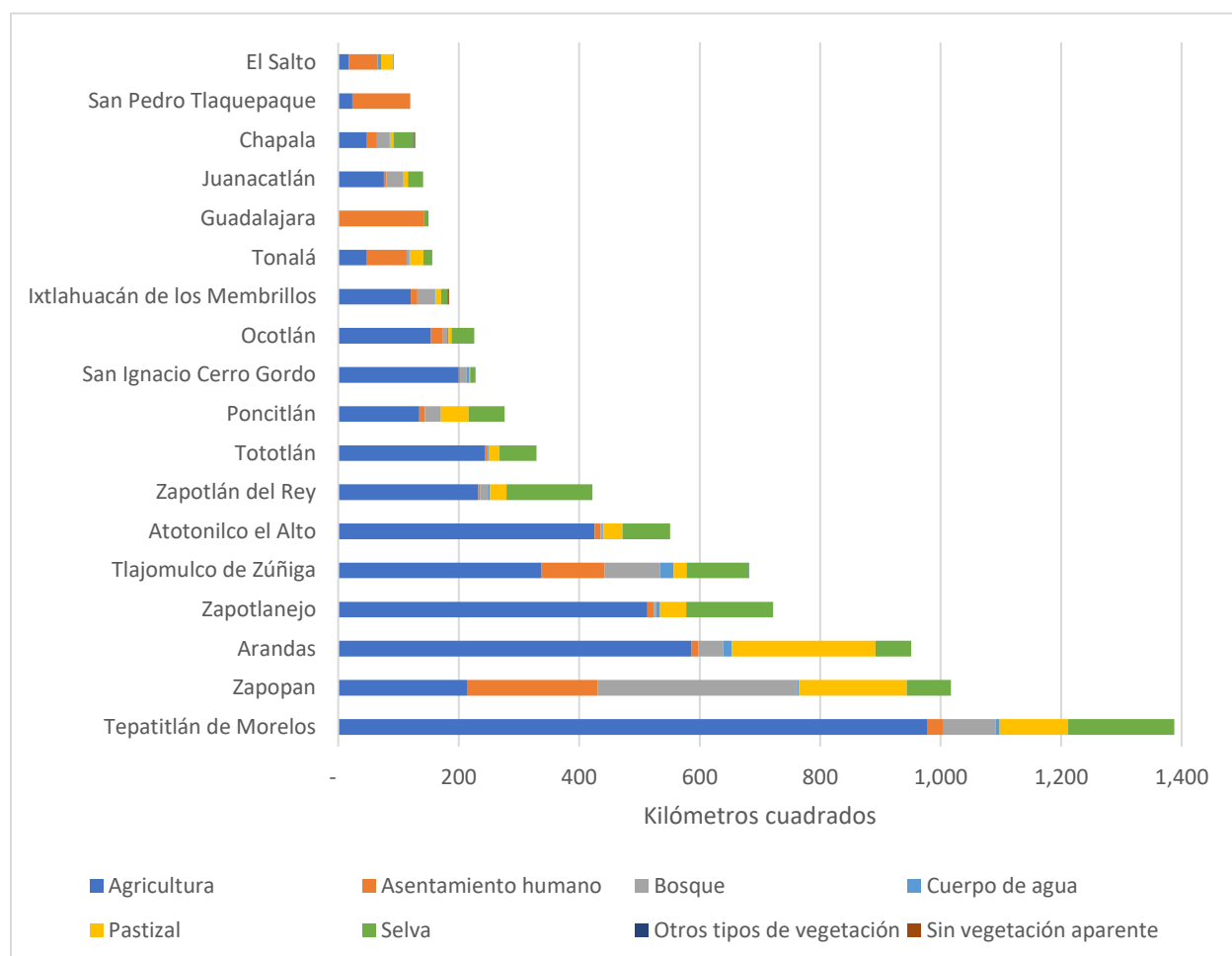
El activismo social en la región ha sido un componente fundamental en la resistencia contra la degradación ambiental, desempeñando un rol clave en la denuncia de violaciones socioambientales y en la lucha por la justicia para las comunidades afectadas (Azamar y Tellez, 2021). Diversas organizaciones locales han articulado esfuerzos para visibilizar la crisis ambiental en la ZSRS, logrando que esta problemática trascienda el ámbito local y se inserte en la agenda nacional e internacional. Gracias a la presión ejercida por estos movimientos, se han generado espacios de exigencia para la reparación del daño ecológico y a las poblaciones impactadas por la contaminación industrial. Más aún, estas acciones han evidenciado la insuficiencia de las respuestas institucionales y han impulsado la construcción de alternativas colectivas orientadas a la recuperación ambiental y el fortalecimiento del tejido social (Azamar y Tellez, 2023).

La historia ambiental de la ZSRS está marcada por la acumulación de una DE que ha sido ignorada por las autoridades y las empresas responsables. La DE en esta región se manifiesta en la degradación de los recursos naturales, el deterioro de la salud pública y la pérdida de los modos de vida tradicionales de las comunidades. La falta de medidas efectivas para remediar el daño causado por las actividades industriales ha perpetuado esta deuda, que ahora debe ser enfrentada de manera urgente.

El concepto de DE, tal como lo plantea Martínez-Alier (2002), implica la necesidad de reconocer que los costos del crecimiento económico han sido externalizados a las comunidades más vulnerables. En la ZSRS, esto significa que las empresas industriales son responsables de los daños que han causado, por lo que las políticas públicas deben garantizar la restauración ambiental y la salud de las personas afectadas.

Las gráficas 1 y 2 muestran la distribución del uso del suelo en diferentes municipios de la ZSRS. Los datos reflejan una variedad de tipos de vegetación y uso de suelo, incluyendo agricultura, asentamientos humanos, bosques, pastizales, selvas, cuerpos de agua, y otras categorías.

Gráfica 1. Cobertura de suelo en los municipios de la ZSRS en 2017 (km2)



Fuente: elaboración propia con base en INEGI, 2017.

En la mayoría de los municipios, la agricultura ocupa una gran proporción de la superficie total. Este es particularmente el caso de Tepatitlán de Morelos, Zapopan, Arandas y Zapotlanejo, donde la agricultura domina el uso de suelo. Lo anterior sugiere que estos municipios tienen una fuerte dependencia económica en las actividades agrícolas.

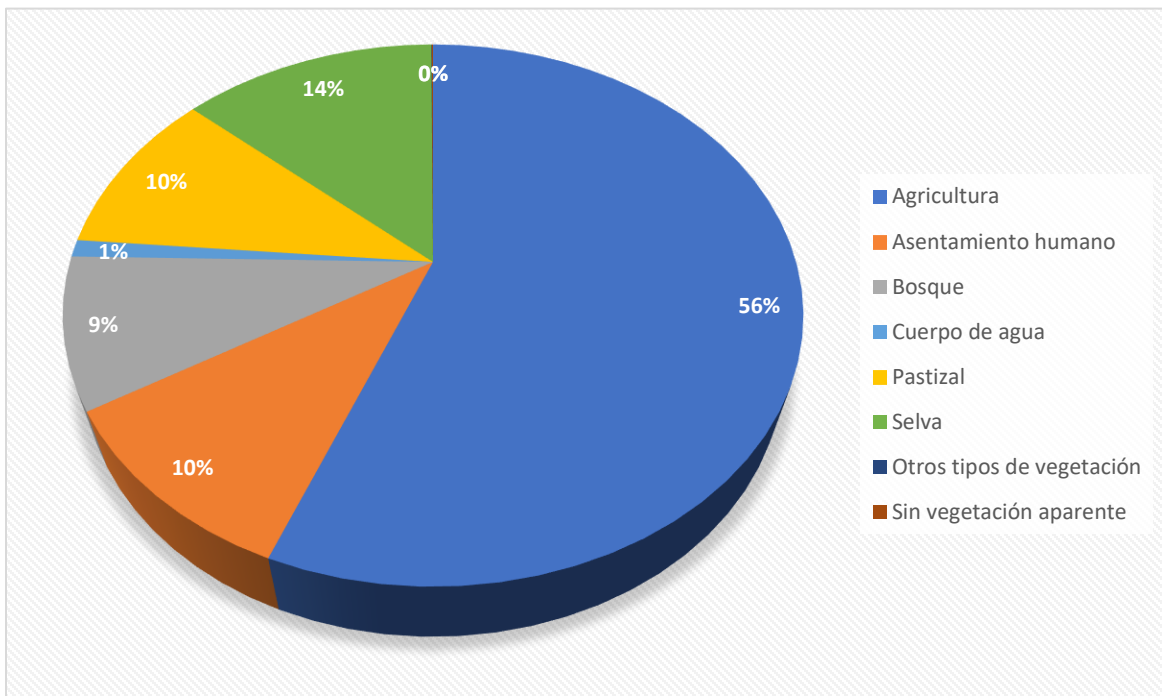
Municipios como Tepatitlán de Morelos y Arandas tienen áreas agrícolas que superan los 1,000 kilómetros cuadrados, lo que destaca su importancia en términos de producción agrícola en la región. Por otro lado, los municipios más urbanizados, como Guadalajara, Zapopan y Tlaquepaque, muestran una considerable cantidad de suelo dedicado a asentamientos humanos. En especial, Zapopan tiene una porción significativa de su territorio ocupada por asentamientos, lo que refleja su rápido crecimiento urbano. Esta expansión urbana viene acompañada de una disminución relativa en otras formas

de uso del suelo, como los bosques y cuerpos de agua, lo que indica una tendencia hacia el desarrollo urbano en detrimento de las áreas naturales.

En varios municipios, los bosques ocupan una porción significativa del territorio, destacando municipios como Zapopan, Zapotlán del Rey y Chapala. La presencia de estos ecosistemas es crucial para la conservación de la biodiversidad y la regulación hídrica en la región. Los cuerpos de agua son particularmente relevantes en municipios como Chapala y Juanacatlán, donde están asociados a la presencia del lago de Chapala y el río Santiago. Estas áreas son clave tanto para el abastecimiento de agua como para la salud ambiental de la región, aunque se encuentran gravemente afectadas por la contaminación.

Las áreas de selva son relativamente limitadas, pero se observan en municipios como Zapopan, Arandas y Zapotlanejo. Estas áreas son importantes por su papel en la captura de carbono y la biodiversidad. Los pastizales también tienen una presencia significativa en municipios como Arandas y Tepatitlán de Morelos, donde complementan el uso agrícola. Algunas áreas en municipios como Zapopan y El Salto muestran porciones marcadas como sin vegetación aparente, lo cual podría estar relacionado con zonas altamente degradadas o afectadas por la actividad industrial. Este es un aspecto preocupante, ya que sugiere la pérdida de cobertura vegetal y un deterioro ambiental en esas áreas.

Gráfica 2. Porcentaje de cobertura de suelo en la ZSRS en 2017



Fuente: elaboración propia con base en INEGI, 2017.

Asimismo, las gráficas 1 y 2 destacan cómo el uso del suelo en la ZSRS está fuertemente influenciado por la agricultura y la urbanización, lo que refleja las actividades económicas predominantes en la región. Sin embargo, el equilibrio entre el desarrollo agrícola, la expansión urbana y la conservación de áreas naturales es frágil. La deforestación, la expansión de asentamientos y la pérdida de cuerpos de agua sugieren que se requiere una gestión más sostenible del territorio. Además, la contaminación en los cuerpos de agua y la degradación de áreas sin vegetación aparente deben abordarse con urgencia para restaurar los ecosistemas y mejorar la calidad de vida de las comunidades locales.

En la ZSRS se encuentra ZMG, la tercera área metropolitana más poblada del país después de Valle de México y Monterrey (SEDATU, CONAPO e INEGI, 2020). En el 2020 su población total era de 5,814,298 habitantes. En la gráfica 3 se muestra la evolución de la población en los municipios de la ZSRS desde 1980 hasta 2020.

Zapopan y Guadalajara destacan como los municipios con mayor población en todo el periodo analizado. En 2020, Zapopan supera los 1.6 millones de habitantes, mientras que Guadalajara alcanza aproximadamente 1.5 millones. El crecimiento de

Zapopan es especialmente notable, mostrando un aumento continuo desde 1980. Aunque Guadalajara ha mantenido un crecimiento más moderado en comparación con Zapopan, sigue siendo uno de los municipios más poblados de la región.

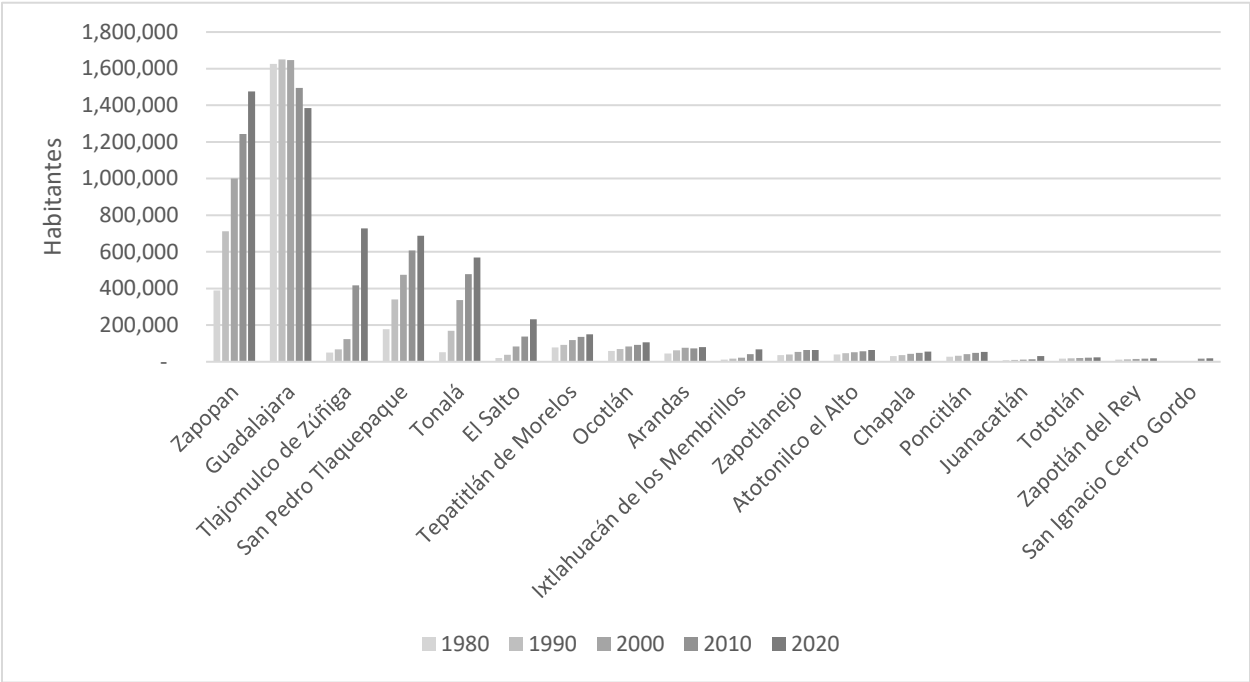
Por su parte, los municipios de Tlajomulco de Zúñiga, San Pedro Tlaquepaque, Tonalá y El Salto han registrado un notable crecimiento poblacional en las últimas décadas, impulsado principalmente por la expansión urbana y el desarrollo industrial en la ZMG. Tlajomulco de Zúñiga destaca con un incremento del 1336% en su población, pasando de 50,697 habitantes en 1980 a 727,750 en 2020, consolidándose como un área clave para el desarrollo inmobiliario. San Pedro Tlaquepaque también mostró un crecimiento significativo del 287%, aumentando de 177,324 habitantes en 1980 a 687,127 en 2020. Por su parte, Tonalá tuvo un impresionante crecimiento del 993%, al pasar de 52,158 habitantes en 1980 a 569,913 en 2020, reflejando su integración en el continuo urbano de la ZMG. Finalmente, El Salto experimentó un incremento del 1071%, pasando de 19,887 habitantes en 1980 a 232,852 en 2020, impulsado por su cercanía a Guadalajara y su desarrollo como polo industrial.

Algunos municipios fuera del núcleo metropolitano han experimentado un crecimiento más moderado. Tepatitlán de Morelos registró un aumento del 92% en su población, pasando de 78,364 habitantes en 1980 a 150,190 en 2020, destacando como un importante centro agroindustrial. Ixtlahuacán de los Membrillos tuvo un crecimiento del 452%, pasando de 12,310 habitantes en 1980 a 67,969 en 2020, impulsado por su proximidad a la metrópoli. En Ocotlán, la población creció un 79%, de 59,196 habitantes en 1980 a 106,050 en 2020, reflejando su papel en el desarrollo de la región del Lago de Chapala. Arandas, con un incremento del 76% en su población, pasó de 45,800 habitantes en 1980 a 80,609 en 2020, manteniendo un perfil predominantemente rural con cierta expansión económica.

En contraste, municipios más pequeños como Juanacatlán, Tototlán, Zapotlán del Rey y San Ignacio Cerro Gordo han mostrado un crecimiento poblacional más discreto. Juanacatlán, aunque registró un incremento del 282%, pasó de 8,081 habitantes en 1980 a 30,855 en 2020, manteniendo su carácter semirrural. Tototlán tuvo un aumento del 35%, pasando de 17,419 habitantes en 1980 a 23,573 en 2020, reflejando un crecimiento

estable pero limitado. Zapotlán del Rey creció un 60%, pasando de 12,045 habitantes en 1980 a 19,279 en 2020, mientras que San Ignacio Cerro Gordo, incorporado a las mediciones a partir de 2010, registró un crecimiento marginal del 4%, pasando de 17,626 habitantes en 2010 a 18,341 en 2020.

Gráfica 3. Población de los municipios de la ZSRS, 1980-2020



Fuente: elaboración propia a partir de los Censos generales de población y vivienda 1980, 1990, 2000, 2010, 2020 de INEGI (2020).

La gráfica 3 refleja cómo los municipios de la ZSRS, como Zapopan, Guadalajara y Tlajomulco de Zúñiga, han experimentado un crecimiento poblacional continuo y acelerado durante las últimas décadas de 1980 a 2020. Zapopan mostró un incremento del 279%, mientras que Guadalajara, aunque con un crecimiento más moderado, experimentó una disminución poblacional del 15%, reflejando una saturación urbana y migración hacia otros municipios metropolitanos. Por su parte, Tlajomulco de Zúñiga destaca con un asombroso crecimiento del 1336%. En contraste, los municipios más rurales o pequeños han mantenido poblaciones relativamente estables, como Tototlán, que solo creció un 35% en el mismo periodo, o San Ignacio Cerro Gordo, que mostró un crecimiento marginal del 4%. Esta tendencia de urbanización tiene implicaciones importantes para la planificación territorial, los servicios públicos y la infraestructura, así

como para los problemas ambientales derivados de la presión sobre los recursos naturales, como el agua y el suelo, en una región ya afectada por la contaminación industrial.

En la gráfica 4 se presenta el último censo sobre la Producción Bruta Total (PBT⁸) generada por cada municipio, comparado con el censo más reciente del porcentaje de población en situación de pobreza por ingresos. Este análisis revela disparidades significativas entre la riqueza económica generada en ciertos municipios y la situación socioeconómica de sus habitantes.

Municipios como Guadalajara, Zapopan y El Salto destacan por su alta producción económica, con una PBT superior a los 9,900 millones de dólares (200,000 millones de pesos). Sin embargo, el porcentaje de la población que vive en pobreza en estos municipios aún es significativo. En Zapopan y Guadalajara, aunque los niveles de pobreza son relativamente bajos (cerca al 35-40%), sigue existiendo una parte considerable de la población que enfrenta dificultades económicas, lo cual plantea preguntas sobre la distribución justa de la riqueza.

En el caso de El Salto, que también genera una alta producción económica, el porcentaje de pobreza se sitúa alrededor del 40%, lo que sugiere que gran parte de la riqueza generada por las actividades industriales en esta zona no está siendo redistribuida equitativamente entre la población. La contaminación en El Salto y su impacto en la salud pública son bien conocidos, lo que agrava la situación de injusticia ambiental al exponer a una población empobrecida a mayores riesgos ambientales sin recibir compensaciones justas.

Por otro lado, municipios como Zapotlanejo, Poncitlán, Tototlán y Juanacatlán tienen porcentajes de población en pobreza superiores al 45%, a pesar de generar una producción económica muy baja. Estos municipios dependen menos de la actividad

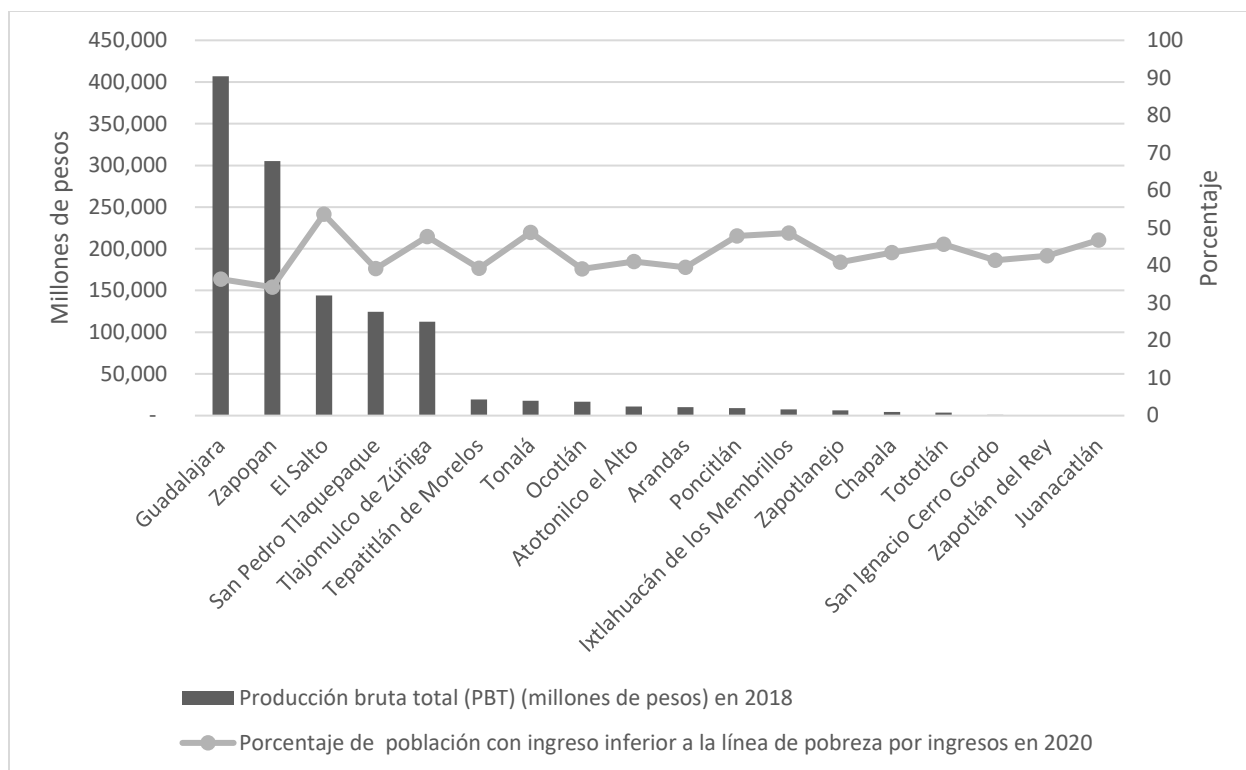
⁸ El INEGI (2019) considera la PBT como “el valor de todos los bienes y servicios producidos o comercializados por la unidad económica como resultado del ejercicio de sus actividades, comprendiendo el valor de los productos elaborados; el margen bruto de comercialización; las obras ejecutadas; los ingresos por la prestación de servicios, así como el alquiler de maquinaria y equipo, y otros bienes muebles e inmuebles; el valor de los activos fijos producidos para uso propio, entre otros. Incluye: la variación de existencias de productos en proceso. Los bienes y servicios se valoran a precios productor.”

industrial y muestran una mayor vulnerabilidad socioeconómica. La combinación de pobreza y baja producción económica en estas áreas resalta la falta de oportunidades de desarrollo y el abandono estructural de estas comunidades, que a menudo se enfrentan a los impactos negativos de las actividades industriales cercanas, sin obtener beneficios significativos.

La JA implica no solo la distribución equitativa de los beneficios económicos derivados de la explotación de los recursos naturales, sino también la mitigación de los impactos negativos en las comunidades más vulnerables. En municipios como El Salto y Juanacatlán, donde las actividades industriales han provocado altos niveles de contaminación, la relación entre la alta PBT y el elevado porcentaje de población en pobreza refleja un caso claro de injusticia ambiental. Las comunidades que soportan las cargas ambientales no reciben una reparación adecuada, ni en términos económicos ni en mejoras en su calidad de vida. Además, municipios como Tlaquepaque y Tlajomulco de Zúñiga muestran una combinación de producción económica moderada con niveles de pobreza cercanos al 40%, lo que sugiere que estas áreas, si bien no tan afectadas como otras en términos de contaminación, tampoco se benefician equitativamente del crecimiento económico.

Gráfica 4. Producción bruta total (PBT) (millones de pesos) en 2018 y Porcentaje de la población con ingreso inferior a la línea de pobreza por ingresos en 2020 en los municipios de la ZSRs⁹

⁹ Es importante destacar que los años de referencia de cada parámetro no coinciden, ya que las instituciones responsables realizaron los censos en diferentes años.



Fuente: elaboración propia con base en INEGI (2019) y CONEVAL (2020).

La gráfica 4 revela una clara desconexión entre el crecimiento económico y el bienestar de la población en muchos municipios de la ZSRs. Municipios con alta producción económica, como El Salto, continúan mostrando altos niveles de pobreza, lo que subraya la falta de distribución justa de los beneficios económicos y la prevalencia de injusticias ambientales. Por otro lado, los municipios con baja producción siguen enfrentando altos niveles de pobreza, lo que evidencia la necesidad de políticas redistributivas más inclusivas y estrategias de desarrollo que tomen en cuenta la JA. Las comunidades más afectadas por la contaminación y la pobreza deben ser priorizadas en términos de inversión social y reparación ecológica.

La historia socioambiental de la ZSRs es un claro ejemplo de cómo el desarrollo industrial, sin la debida regulación y supervisión, puede tener consecuencias devastadoras tanto para el medio ambiente como para la salud pública. A lo largo de las últimas décadas, la falta de políticas ambientales efectivas y la indiferencia hacia las demandas de las comunidades afectadas han permitido la acumulación de una DE que sigue impactando la vida de miles de personas. La JA en la ZSRs no solo requiere la

reparación de los daños causados, sino también un cambio estructural en la manera en que se gestionan los recursos naturales y se regulan las actividades industriales en la región.

7.2. Emergencia sanitaria y sus implicaciones en salud pública

La ZSRS se ha convertido en un foco de atención debido a los graves impactos que la contaminación industrial ha tenido sobre la salud pública. La incidencia de enfermedades crónicas, como el cáncer y la insuficiencia renal, ha seguido aumentando. Este capítulo examina la conexión entre la degradación ambiental y el deterioro de la salud pública, analizando los datos sanitarios disponibles y las principales enfermedades que afectan a las comunidades de la región. También se discuten las implicaciones de esta crisis sanitaria en términos de JA y responsabilidad corporativa.

El deterioro de la calidad del agua en el río Santiago, principal fuente de agua en la ZSRS, ha sido identificado como uno de los principales factores responsables del aumento en enfermedades graves. De acuerdo con el IMTA (2011), el río contiene altos niveles de metales pesados, entre ellos arsénico, plomo y mercurio, todos conocidos por sus efectos nocivos sobre la salud humana.

La exposición a estos contaminantes ha afectado a las poblaciones locales de manera significativa. El agua utilizada tanto para consumo humano como para riego agrícola está contaminada con compuestos tóxicos que no solo afectan la salud de los adultos, sino que también tienen efectos a largo plazo en la salud infantil. Un estudio realizado por Bundschuh, *et al.* (2012) documenta cómo la exposición prolongada al arsénico en el agua potable puede llevar al desarrollo de diversas formas de cáncer, especialmente cáncer de piel, pulmón y vejiga.

Otra enfermedad crítica en la ZSRS es la insuficiencia renal crónica (IRC), una condición que ha afectado a un número creciente de personas en la región, particularmente en las zonas rurales. La insuficiencia renal está estrechamente vinculada a la exposición a sustancias tóxicas en el agua, como los metales pesados mencionados anteriormente. Chávez-Gómez, *et al.* (2017) publicaron un estudio que destaca cómo las

comunidades expuestas al agua contaminada presentan tasas significativamente más altas de IRC en comparación con otras regiones de México.

Esta enfermedad tiene un impacto devastador en la calidad de vida de las personas afectadas, ya que requiere tratamientos costosos y continuos, como la diálisis. Muchas de las familias en la ZSRS no tienen acceso a los recursos necesarios para tratar esta enfermedad de manera adecuada, lo que agrava aún más la crisis sanitaria en la región. Los datos sanitarios disponibles confirman el vínculo entre la contaminación industrial y el aumento en la incidencia de enfermedades crónicas en la ZSRS. Según Samuel Chávez Íñiguez, Jefe del Servicio de Nefrología Adultos del Antiguo Hospital Civil de Guadalajara Fray Antonio Alcalde:

Jalisco en especial es una zona endémica de enfermedad renal crónica, mucho más que otros estados, esto debido a múltiples factores; y tiene una de las mayores incidencias en el mundo de personas que necesitan diálisis, cercano a 570 mil pacientes por millón de habitantes (Sepúlveda, 2023, párr. 4).

Los hospitales locales han reportado una mayor demanda de tratamientos oncológicos y nefrológicos, aunque la infraestructura médica sigue siendo insuficiente para atender a la creciente cantidad de pacientes. Los datos epidemiológicos también muestran que las tasas de mortalidad asociadas a estas enfermedades son más altas en la ZSRS en comparación con otras regiones del país. Las comunidades más afectadas son aquellas ubicadas en las cercanías del río Santiago, donde la concentración de contaminantes es mayor. Estos datos subrayan la urgencia de implementar políticas públicas que no solo aborden la restauración ambiental, sino que también garanticen el acceso a una atención médica adecuada para las comunidades afectadas.

La declaración de medidas cautelares de la CIDH (2020) en la ZSRS fue un reconocimiento tardío de la gravedad de la situación ambiental y sus implicaciones en la salud pública. Sin embargo, la crisis sanitaria continúa, con un aumento en los casos de cáncer e insuficiencia renal que afectan desproporcionadamente a las comunidades más vulnerables. La contaminación industrial ha dejado una profunda huella en la salud de la población y la respuesta institucional ha sido insuficiente para enfrentar el problema.

Es esencial que las políticas públicas en la región se enfoquen en la restauración ambiental y en garantizar el acceso a la atención médica para las personas afectadas. Además, se requiere un marco de JA que responsabilice a las empresas contaminantes y asegure la reparación de los daños sufridos por las comunidades. La DE en la ZSRS sigue creciendo, y solo a través de acciones concretas será posible abordar las desigualdades que esta crisis ha generado.

7.3. Impactos de la actividad industrial

La ZSRS ha sido un epicentro de actividad industrial desde mediados del siglo XX. Aunque los diversos sectores industriales que operan en la región han contribuido al crecimiento económico local y nacional, esto ha ocurrido a un costo significativo para el medio ambiente y la salud de las comunidades. Este capítulo analiza los principales sectores industriales presentes en la ZSRS, identificando a las empresas responsables de la degradación ambiental, así como los impactos más graves en agua, aire y suelo, que han generado una crisis ambiental y sanitaria en la región.

El desarrollo industrial en la ZSRS está liderado por sectores como el químico, metalúrgico y textil, cuya contribución a la economía local contrasta con los efectos devastadores de sus operaciones. La industria química, por ejemplo, ha sido uno de los mayores contaminantes del río Santiago y sus afluentes. Empresas dedicadas a la producción de químicos, fertilizantes y pesticidas han descargado residuos tóxicos sin tratamiento adecuado durante décadas, incluyendo metales pesados como mercurio, plomo y arsénico, que han afectado tanto el agua como el suelo (Bundschuh, *et al.*, 2012). Un caso emblemático es el de Celanese Mexicana, conocida por sus vertidos de aguas residuales con altos niveles de sustancias químicas peligrosas, que han dañado gravemente la biodiversidad acuática y la salud de las comunidades dependientes del río (McCulligh, 2017).

El sector metalúrgico también ha desempeñado un papel importante en la degradación ambiental de la ZSRS. Empresas como Metales y Derivados han sido señaladas por descargar metales pesados como plomo y cadmio, incrementando la contaminación del agua y contribuyendo a graves problemas de salud pública, como

cáncer e insuficiencia renal. Además, las emisiones de partículas tóxicas han afectado la calidad del aire, incrementando las enfermedades respiratorias en la población local (González-Arévalo, 2019).

Por otro lado, el sector textil, concentrado en los márgenes del río Santiago, ha descargado grandes cantidades de tintes y productos químicos sin tratamiento, contaminando el agua y el suelo con compuestos orgánicos persistentes (de la Rosa-Portillo, 2014). Estas prácticas no solo han deteriorado el medio ambiente, sino que también han perpetuado condiciones laborales precarias, acentuando las injusticias sociales en la región (López-Ardao, 2023).

Diversos estudios y reportes han identificado a las empresas responsables de la mayoría de la contaminación en la ZSRS. Entre ellas destacan CIBA Especialidades Químicas (ahora Huntsman Internacional de México), Grupo Celanese, Metales y Derivados, Cervecería Modelo de Guadalajara, Nestlé México y Hilasal Mexicana, señaladas por comunidades y organizaciones por su contribución al vertido de metales pesados y cianuro en el río Santiago (Arellano, *et al.*, 2012). En 2020, un comunicado del Gobierno de Jalisco reportó que 29 empresas habían excedido los límites de descarga de aguas residuales establecidos por la norma oficial. Sin embargo, no se especificaron sanciones, medidas correctivas ni acciones de seguimiento, lo que refleja una deficiencia en la gestión y control de la contaminación industrial en la región.

La DE acumulada por las empresas industriales en la ZSRS es considerable. Las comunidades locales han sufrido los impactos de la contaminación durante décadas sin recibir una reparación adecuada, mientras las empresas han externalizado los costos ambientales de sus actividades. Esta situación subraya la urgencia de aplicar un marco de JA que garantice la reparación de los daños y prevenga futuros impactos (Pellow, 2017).

Es esencial que las políticas públicas en la ZSRS prioricen la regulación efectiva de las actividades industriales, promoviendo la restauración ambiental y la justicia social. Las empresas deben asumir la responsabilidad de sus acciones y contribuir activamente a mitigar los daños causados. Solo mediante un enfoque integral que combine la

reparación del medio ambiente con la atención a las comunidades afectadas será posible revertir la crisis ambiental y sanitaria en la región.

8. Resultados

El objetivo de este estudio es desarrollar un marco teórico-metodológico que permita utilizar la DS como una herramienta para quienes luchan por la JA. Los resultados finales presentados a continuación no deben interpretarse como cifras exactas, sino principalmente como una aportación para el desarrollo de una metodología. En este caso, las empresas ubicadas en la ZSRS sirvieron como el ejemplo más adecuado. La decisión de utilizar esta metodología por parte de los habitantes afectados de la región queda a su criterio.

8.1. Co-construcción de saberes locales y científicos

En este apartado se describe el proceso de integración de las experiencias comunitarias, el activismo socioambiental y los conocimientos científicos en la valoración de la DS, resaltando los desafíos y logros de la co-construcción del conocimiento.

La idea de co-producción de conocimiento con USV que se llevó a cabo en la presente investigación parte de:

... aquel proceso de construcción conjunta de conocimientos entre las diferentes colectividades y/o individualidades que hacen parte de los espacios de investigación, reflexión y acción política, que está en función de las demandas colectivas y que puede ser movilizado para los objetivos comunes de lucha (Carmona, *et al.*, 2024, p.196).

Desde esta perspectiva, este estudio evidencia un vínculo político y de confianza entre el investigador, quien se posiciona desde la resistencia en defensa del territorio y la vida en la CARS.

8.1.1 Tour del Horror

Mi primera interacción con USV ocurrió a principios de 2021, cuando la agrupación llevó a cabo el *Ecoloquio Entretejiendo Saberes para la Reapropiación Comunitaria y la Desintoxicación Territorial del Río Santiago*. Asistí a este evento por invitación de Salvador Peniche, profesor-investigador de la Universidad de Guadalajara, con quien inicié una colaboración para analizar los problemas de contaminación en el río Santiago.

A partir de ese momento, comencé a mantener una comunicación más frecuente con Atahualpa Sofía Alejandra Enciso González, quien coordinaba las presentaciones del coloquio. Posteriormente, me propuso participar en un Tour del Horror, un recorrido diseñado por USV desde 2006 para visibilizar la devastación socioambiental de la región y evidenciar los impactos de la expansión urbana y la actividad industrial (Figura 3).

Figura 3. Primer Tour del Horror en el que participé



Fotografía tomada el 7 de marzo de 2021.

Entre marzo de 2021 y enero de 2025, participé en 17 recorridos del Tour del Horror, inicialmente como asistente de los grupos con el propósito de conocer el territorio y comprender su problemática. Con el tiempo, mi participación evolucionó como guía e integrante de USV.

La experiencia de recorrer el territorio en distintas estaciones del año me permitió identificar variaciones ambientales significativas. En la Presa del Ahogado y la cascada de El Salto de Juanacatlán, los olores pestilentes eran una constante, aunque su intensidad variaba según la temporada de lluvias o de sequía. Asimismo, el escaso caudal en la cascada se mantuvo sin cambios perceptibles durante los cuatro años de observación, sin evidencias de recuperación ecológica en la zona.

Figura 4. Tour del Horror en el que participé recientemente



Fotografía tomada el 31 de enero de 2025.

Más allá del reconocimiento territorial, los tours me brindaron la oportunidad de conocer diversas perspectivas sobre los problemas socioambientales del área. Acompañé grupos de perfiles variados, que iban desde estudiantes de primaria, preparatoria y licenciatura

hasta investigadores con amplia trayectoria académica. Estas interacciones enriquecieron mi comprensión de la zona de sacrificio, permitiéndome analizarlo desde múltiples enfoques y experiencias.

8.1.2 Acuerdo de co-producción colaborativa

Durante los años en que me integré de manera más activa a USV, si bien no tenía un conocimiento formal del marco teórico y metodológico de la IAP, mis acciones se alinearon con sus principios fundamentales. Actué en colaboración con los habitantes, respetando sus perspectivas y trabajando en conjunto para desarrollar la propuesta de investigación de manera participativa.

Una de las acciones clave que fortaleció la coproducción del conocimiento con la comunidad fue la firma de una carta de vinculación, suscrita tanto por la Maestría en Sociedades Sustentables (MSS) como por USV. Esta carta, elaborada por USV y requerida como requisito obligatorio, establecía explícitamente mi compromiso de priorizar el bien común y de evitar cualquier forma de extractivismo académico:

El proyecto de investigación debe cumplir los siguientes criterios y principios:

Pertinencia. La investigación debe estar orientada al beneficio de la comunidad y no a intereses individuales o ajenos a nuestros objetivos de lucha.

Accesibilidad. Toda la información generada a lo largo de la investigación debe ser abierta y estar disponible.

Co-construcción. Los objetivos de la investigación deben construirse en conjunto con el colectivo y, de ser posible, acordarse también la metodología.

Reciprocidad. De nuestra parte, obtendrás apoyo en el trabajo de campo, guías, entrevistas, alojamiento, grupos focales, información documental y audiovisual, y se espera que las reflexiones se compartan a lo largo de la investigación. Los resultados y/o publicaciones deben ser devueltos al término del proyecto.

Crítica y situada. No respaldamos investigaciones con perspectivas superficiales, meramente reformistas o que prioricen las voces de arriba (gobiernos o empresas). Debe quedar explícita la ética del investigador y sus motivaciones para investigar los procesos de despojo que padecemos (archivo interno de USV).

Un aspecto clave que contribuyó al cumplimiento de los principios colaborativos fue la práctica de USV de asignar a cada tesista una "madrina". Este miembro de la agrupación mantiene una comunicación continua y proporciona retroalimentación sobre los avances de la investigación, lo que asegura un proceso genuinamente participativo. En mi caso, Sofía Enciso asumió este rol, ejerciendo una influencia significativa en el desarrollo de esta investigación.

Dado mi perfil y mis áreas de interés, enfoqué mi investigación en el ámbito de la EE. A medida que profundizaba en este campo, propuse al colectivo diversos temas relacionados con la gobernanza del agua y la EE, entre otros (ver Tabla 1). Finalmente, el enfoque de la investigación se consolidó en el tema central de esta tesis, el cual evolucionó y se ajustó a lo largo del proceso, intentando reflejar tanto las necesidades del colectivo como el marco conceptual desarrollado.

Tabla 1. Evolución del tema de investigación en co-producción con USV

El Tour del Horror desde la economía ecológica y el buceo científico industrial
Gobernanza interactiva de la industria en el logro de los objetivos de desarrollo sostenible de la Cuenca Alta del Río Santiago
Gobernanza del agua y desconstrucción económica para la justicia ambiental de la Cuenca del Río Santiago Guadalajara en Jalisco
Gobernanza ecohidrológica y economía biofísica para la justicia ambiental de la Cuenca del Río Santiago Guadalajara en Jalisco
Retos y perspectiva de los PRONACE Agua: PRONAI 318965 Incidencia para la regeneración ecohidrológica y la reapropiación comunitaria de la Cuenca Alta del Río Grande de Santiago
(In)Viabilidad del Proyecto Nacional de Investigación e Incidencia 318965 en la Región de Emergencia Sanitaria y Ambiental Chapala Santiago
Justicia ambiental y deuda ecológica en la Región de Emergencia Sanitaria y Ambiental Chapala Santiago

A lo largo de la MSS se llevaron a cabo dos coloquios para la presentación de avances de investigación. Días antes de cada presentación, envié a USV el borrador de mi trabajo y acordamos una reunión en el vivero para exponer mis ideas. Durante estos encuentros, recibí retroalimentación valiosa en forma de críticas, sugerencias y correcciones por parte de los integrantes presentes. Estos aportes fueron fundamentales para ajustar el enfoque de mi investigación, de modo que pudiera convertirse en una herramienta útil para los procesos de lucha de la organización. Los coloquios se realizaron en modalidad híbrida, lo que permitió la participación virtual de miembros de USV. Más allá de la presentación de avances, estos espacios se convirtieron en momentos de motivación, en los que sentí el respaldo y el apoyo del colectivo.

Este proceso de co-producción del conocimiento permitió definir el rumbo de la investigación de manera colaborativa. Al mismo tiempo, brindó la oportunidad de que el investigador contribuyera, aunque fuera con un granito de arena, a la lucha de USV.

8.1.3 La praxis de la ecología política

El caso del río Santiago es un reflejo de las luchas socioambientales que se libran en muchas partes del mundo, donde la expansión industrial ha generado impactos irreversibles en la salud de las comunidades y en los ecosistemas. En la ZSRS, la contaminación del agua y la devastación ambiental ha detonado una crisis sanitaria y social que ha llevado a la población a organizarse en defensa de su territorio. A lo largo de los años, han surgido diversas formas de resistencia que no solo exigen justicia por los daños sufridos, sino que también plantean una transformación estructural en la forma en que se concibe el progreso y la relación con la naturaleza.

La lucha emprendida por organizaciones como USV representa una praxis concreta de la EP. No se trata solo de denunciar la contaminación, sino de construir alternativas de vida frente a la destrucción sistemática del entorno. La ZSRS no es un accidente ni un error de gestión, sino una consecuencia directa de un modelo económico

que prioriza la rentabilidad sobre la vida. En este contexto, la organización comunitaria se ha convertido en una estrategia de resistencia activa, en la que el conocimiento científico y el saber popular se articulan para exigir reparación y prevenir nuevas violaciones sociales y ambientales.

Mi participación en las actividades de USV me permitió conocer la amplitud de su agenda de trabajo, que incluye reuniones con otras agrupaciones, mesas de diálogo, talleres, asambleas, ruedas de prensa, entrevistas, proyectos de investigación con universidades, jornadas de reforestación social, así como procesos jurídicos y políticos en defensa del territorio. También organizan manifestaciones, festivales y diversas iniciativas que reflejan su compromiso con los pueblos en resistencia y la defensa del territorio.

Uno de los eventos que amplió mi comprensión sobre la problemática de la ZSRS fue mi participación en el pronunciamiento *Urgente un cambio de rumbo en la atención al río Santiago y salud de la población como Estado mexicano: comunidades afectadas, organizaciones y científicos comprometidos*. En este documento se evidenció cómo la respuesta estatal ha sido insuficiente y, en muchos casos, ha servido más para justificar proyectos de infraestructura costosos e ineficaces, como las Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR), que para abordar de manera integral las causas estructurales de la contaminación. La Comisión Interamericana de Derechos Humanos (CIDH) ha reconocido la gravedad de la crisis y ha exigido medidas concretas para proteger la salud y la vida de las comunidades afectadas. Sin embargo, las acciones del gobierno de Jalisco han sido limitadas, priorizando estrategias de imagen sobre soluciones reales (Organizaciones comunitarias de la Cuenca, 2022).

Las organizaciones comunitarias, científicas y defensoras del territorio han señalado que la estrategia Revivamos el Río Santiago (RRS) no ha generado resultados tangibles en la mejora de la calidad del agua ni en la reducción de riesgos para la salud de la población. En contraste, las comunidades han impulsado una agenda de resistencia y denuncia, evidenciando la continuidad de las descargas industriales sin regulación efectiva, la expansión de parques industriales en zonas altamente contaminadas y la

omisión de fuentes de contaminación, como los basureros clandestinos y municipales que vierten lixiviados al río (Organizaciones comunitarias de la Cuenca, 2022).

Otra acción importante en la que colaboré con USV fue la edición de videos para la divulgación del pronunciamiento *La Comisión Nacional del Agua se niega a hacer pública la calidad de las descargas al río Santiago en Jalisco: Juez federal ordena que proporcione información*. Este documento expone una problemática clave en la lucha por la transparencia y el acceso a la información ambiental en México. En él se denuncia que CONAGUA ha negado reiteradamente el acceso a los informes de calidad de las descargas industriales en el río Santiago, a pesar de que la ley establece que dichos reportes deben ser públicos y disponibles a través del Sistema de Recepción de Análisis de Laboratorio (Siralab). Ante esta negativa, se interpuso un amparo que culminó con una resolución del Juzgado Decimoctavo de Distrito en Materias Administrativa, Civil y de Trabajo en el Estado de Jalisco, ordenando a CONAGUA proporcionar la información solicitada (Equipo de investigación del PRONAI-318965, 2023).

Figura 5. CONAGUA MATA, amparo 322/2023-IX



Fotografía tomada por USV (2023).

Este caso evidencia el conflicto entre los pueblos, las instituciones gubernamentales y las empresas contaminantes en la CARS. La opacidad en la información impide un diagnóstico preciso de la contaminación y obstaculiza los esfuerzos de remediación ambiental y protección de la salud pública. El pronunciamiento concluye con un llamado urgente al Presidente de México y al Director de CONAGUA para que cumplan con la sentencia judicial y transparenten la calidad de las descargas al río Santiago. Asimismo, se exige fortalecer la regulación y vigilancia sobre las descargas industriales en la cuenca Lerma-Chapala-Santiago y garantizar el derecho a un medio ambiente sano. Este caso refleja la importancia de la incidencia científica y comunitaria en la exigencia de JA y acceso a la información pública.

Otra situación relevante ocurrió cuando aparecieron miles de peces muertos en las orillas del río Santiago, en el municipio de Juanacatlán. Este hecho se registró unas semanas después de que, el 26 de junio de 2024, funcionarios del gobierno estatal anunciaran el supuesto saneamiento del río mediante la estrategia integral RRS, con una inversión superior a los 4,600 millones de pesos.

Figura 6. Mortandad masiva de peces en la rivera del río Santiago, Juanacatlán



Fotografía tomada por Manuel Pérez, el 14 de julio de 2024.

Los habitantes de Juanacatlán presentaron denuncias, lo que dio lugar a una serie de reuniones de seguimiento a las que fui invitado por USV. Asistí a mesas de trabajo y encuentros con servidores públicos de diversas instituciones gubernamentales vinculadas a temas ambientales y de salud. Esta experiencia me permitió documentar y analizar el evento de la mortandad masiva de peces, lo cual culminó en la redacción de una nota titulada *El Moby Dick de Jalisco* (Chávez, 2024).

En este análisis expuse cómo este trágico suceso evidenció las graves limitaciones del Estado para evaluar de manera integral la calidad del agua. Se destacó que solo se analiza menos del 6% de las sustancias contaminantes previamente identificadas en el río. Además, resultó particularmente contradictorio que las autoridades descartaran la contaminación como causa de la mortandad de peces, mientras reconocían la presencia de herbicidas en el agua. Esta postura, además de incoherente, parece buscar desviar la responsabilidad de las emisiones tóxicas industriales hacia los campesinos de la región (Chávez, 2024). Este evento subrayó la necesidad de un monitoreo más riguroso y transparente de la calidad del agua, así como una mayor rendición de cuentas por parte de las autoridades responsables del manejo ambiental en la región.

Integrarme a USV me permitió conocer a miembros de otras organizaciones de diversos municipios de la ZSRS y sus luchas en defensa del territorio, como la Asamblea de Pueblos en Resistencia, el Grupo Ecologista El Roble, el Concejo Indígena Xonacatlán, el Comité Agua y Vida por la Defensa de los Derechos Humanos de Santa Cruz de las Flores, los Pueblos de la Barranca del Río Santiago, el Centro de Estudios e Investigación de la Barranca, Ambientes Justos A.C., la Red de Alternativas Sustentables Agropecuarias y GDL Climate Save. Con algunas de estas agrupaciones colaboré en acciones específicas y por un tiempo prolongado, mientras que con otras solamente mantuve diálogos e intercambié saberes.

Desde la ecología política, esta lucha no solo busca visibilizar los daños socioambientales, sino también transformar las estructuras que perpetúan la degradación del territorio. La exigencia de reconversión productiva, el reconocimiento de la soberanía comunitaria sobre los recursos hídricos y la participación efectiva de las

comunidades en la toma de decisiones son ejes fundamentales de esta resistencia. Frente a un modelo de desarrollo que privilegia los intereses empresariales sobre la vida, la praxis de la EP en la CARS sigue demostrando que la JA no puede ser una promesa vacía, sino una exigencia concreta de reparación y transformación estructural.

8.1.4 Vivero para la resistencia y la reproducción de la vida

Desde los inicios de la fundación de USV se consolidó un vivero como punto de reunión, de trabajo por la defensa del territorio, de reproducción de la vida. En este sitio he asistido decenas (o cientos) de veces, para actividades diversas, principalmente para reuniones de trabajo para el proceso de co-producción de la presente investigación; a reuniones de trabajo internas de la agrupación o con otras organizaciones; a ponencias de otros investigadores que están colaborando con la comunidad o de instituciones gubernamentales que buscan colaborar en algún proceso; a talleres de autocuidados, de apoyo psicosocial, de cuerpo y territorio, de huertos comunitarios; reproducir árboles desde semilla y posteriormente reforestar. Ahí se aprende y enseña a reproducir y defender la vida.

El vivero juega un papel fundamental en la recuperación de especies arbóreas nativas mediante la recolección de semillas en la región y su reproducción en el mismo sitio. A través de este proceso, se busca garantizar la conservación de la biodiversidad local y fortalecer los ecosistemas. Los árboles cultivados en el vivero son destinados a proyectos de reforestación que contribuyen a la restauración del entorno natural y a la defensa del territorio.

Figura 7. Vivero Un Salto de Vida



Fotografía tomada el 10 de octubre de 2023.

Hasta el momento, la agrupación ha llevado a cabo diversas reforestaciones en la región, interviniendo en espacios educativos, bosques y cerros con el objetivo de recuperar la vegetación nativa. Además, la organización ha logrado gestionar una parcela en el Ejido de Juanacatlán, donde se implementan prácticas de agroecología y educación ambiental, promoviendo una relación sustentable con la tierra. Uno de los proyectos más emblemáticos ha sido la creación de un bosque intensivo dentro de la preparatoria de Juanacatlán, bautizado como *El Bosque del Fin del Mundo* por Enrique Enciso, en un esfuerzo por sensibilizar a la comunidad estudiantil sobre la importancia de la conservación ambiental.

El vivero ha establecido vínculos significativos con colectivos que defienden y promueven la protección de estos territorios, impulsando procesos de reforestación en áreas estratégicas. Además, ha contribuido a la recuperación de semillas de especies

nativas como guamúchil, zapote y mango, con el propósito de preservar la flora endémica y fortalecer la biodiversidad local. A través de la propagación y el cultivo de árboles en sus instalaciones, se garantiza la disponibilidad de ejemplares para futuras reforestaciones, asegurando la continuidad de estos esfuerzos. Estas acciones no solo favorecen la regeneración ecológica de la región, sino que también fortalecen el tejido comunitario, fomentando el respeto por la naturaleza y consolidando el compromiso con la restauración ambiental.

Figura 7. Reforestación social en el Cerro de la Cruz



Fotografía tomada el 25 de julio de 2022.

Las reforestaciones sociales trascienden el acto ecológico de plantar un árbol; representan una acción política que busca restaurar zonas degradadas no solo desde el ámbito ambiental, sino también desde la organización colectiva. A través de ellas, se tejen redes entre la comunidad y diversas organizaciones, generando alianzas que refuerzan los procesos de resistencia y defensa del territorio.

La experiencia de co-construcción de conocimientos con USV ha permitido articular el saber comunitario, el activismo socioambiental y el conocimiento científico en la valoración de la DS en la ZSRS. A través de la participación en el Tour del Horror, la firma del acuerdo de co-producción colaborativa, el acompañamiento en procesos de denuncia y resistencia, así como en actividades de reforestación y educación ambiental, se ha fortalecido un enfoque de investigación comprometido con la defensa del territorio y la JA. La lucha de USV evidencia que la degradación ambiental en la región no es un accidente, sino el resultado de un modelo económico extractivista que prioriza la rentabilidad sobre la vida. En este contexto, la praxis de la EP y la construcción de alternativas desde la comunidad son herramientas clave para la resistencia. La articulación entre la investigación y la acción política no solo ha generado insumos para la exigencia de reparación y transformación estructural, sino que también ha reafirmado la importancia del conocimiento situado y de la incidencia científica en la lucha por un futuro más justo y sustentable.

8.2. Testimonios de los habitantes afectados

En los últimos meses de este estudio, entre el 1 de noviembre y el 14 de diciembre de 2024, se realizaron entrevistas a diez habitantes de El Salto, uno de los municipios más afectados por la contaminación en la ZSRS. Los participantes habían sido diagnosticados con insuficiencia renal (ocho casos) o cáncer (dos casos), enfermedades estrechamente vinculadas a las condiciones ambientales de la región. Se entrevistó a seis mujeres y cinco hombres; siete de ellos han vivido en la zona por más de 20 años, mientras que tres llevan entre 10 y 20 años residiendo allí.

Dada la naturaleza sensible y personal del tema, el número de participantes fue limitado. Por ello, los datos recabados no tienen un propósito estadístico, sino que buscan profundizar en las percepciones, experiencias y opiniones de quienes han padecido directamente las consecuencias de habitar en un entorno ambientalmente devastado.

8.2.1 Daños a la salud y compensación monetaria

Durante el proceso de elaboración de las preguntas y temas a abordar en la entrevista semiestructurada, conversé con Sofía Enciso sobre la posibilidad de exigir una compensación económica por los daños a la salud causados por las industrias a lo largo de décadas. Durante nuestra charla, ella me comentó:

Entre 2006 y 2008, en el periodo de mayor auge del movimiento social contra la contaminación del río Santiago, algunos abogados mercenarios, motivados más por el dinero que por un compromiso real con la causa, se acercaron a habitantes enfermos de la zona con la intención de impulsar demandas contra el Estado o las empresas responsables. Si bien esta posibilidad ya se había considerado, no creo que represente una solución efectiva. Por el contrario, puede resultar contraproducente, ya que una compensación económica podría interpretarse como la aceptación de la enfermedad a cambio de dinero, sin importar el monto otorgado.

Más que una compensación económica individual o colectiva, lo que debemos exigir es la restauración del río, del territorio, del bosque y que las industrias dejen de tirar tanta porquería. De nada sirve recibir una indemnización si seguimos enfermándonos, tanto nosotros como las futuras generaciones. Mientras no se eliminen las fuentes de contaminación, la crisis sanitaria continúa y los tratamientos seguirán siendo inaccesibles para las comunidades afectadas. Debemos abordar esta problemática desde el principio de precaución, priorizando la prevención y evitando que los daños a la salud sigan ocurriendo. (Sofía Enciso, comunicación personal, 8 de septiembre de 2024).

Esta reflexión permitió orientar el marco teórico y metodológico hacia la reparación integral, abarcando tanto los daños a la salud humana como los impactos ambientales, es decir, trascendiendo la mera compensación económica. No obstante, se consideró importante calcular la DS para cuantificar las cargas económicas que recaen sobre la comunidad y que, en última instancia, facilitan la acumulación de riqueza por parte de las empresas.

Este enfoque se planteó como un argumento en contra de la premisa que el Estado y las industrias han sostenido durante décadas: “No se puede detener el desarrollo industrial ni declarar una zona de emergencia sanitaria y ambiental porque se pondría en riesgo la economía”. ¿La economía de quién? Porque las comunidades que habitan la ribera del río Santiago están asumiendo costos exorbitantes para atender las enfermedades derivadas de la contaminación.

Las diez personas entrevistadas coincidieron en que su enfermedad está directamente relacionada con la contaminación ambiental. Entre las principales afectaciones mencionaron el deterioro de su salud, el sufrimiento personal y familiar, conflictos dentro del hogar y graves pérdidas económicas debido a los elevados costos de tratamiento. Además, destacaron la constante exposición a olores intensos y desagradables, lo que agrava aún más su calidad de vida. Estas condiciones han profundizado la vulnerabilidad social y económica de las familias afectadas.

Simplemente el agua, es uno de los factores que enferman. A mi me lo decía el médico: no tomes agua de los garrafones rellenos, no se filtra bien, está muy contaminada el agua en la región (Adrian López, comunicación personal, 18 de noviembre de 2024).

A mí los olores me afectan demasiado, tenemos cerca la basurera, el aroma del río y las industrias (Martha Alicia Gama, comunicación personal, 4 de diciembre de 2024).

Respecto a la pregunta: "¿Cuánto dinero estima que ha gastado en el tratamiento de su enfermedad?", las respuestas fueron diversas. Algunos entrevistados tenían una idea clara de un monto aproximado, mientras que otros no, aunque todos coincidieron en señalar que los costos eran significativos. Además de los gastos relacionados con el tratamiento médico, se destacaron los costos indirectos, como los traslados, debido a la falta de infraestructura médica en el municipio. Esto obligaba a los pacientes a viajar al centro de la ciudad, lo que implicaba gastos adicionales en alimentos fuera de casa, hospedaje ocasional y taxis de regreso. En particular, después de sesiones de hemodiálisis o quimioterapia, el malestar físico era tan severo que usar transporte público no era una opción. A estos gastos se sumaban los costos para la persona que

acompañaba al paciente, que, a largo plazo, representaban una carga económica considerable.

Cuatro de los entrevistados pudieron estimar con claridad los costos totales de sus tratamientos. En el caso de pacientes con insuficiencia renal, incluyendo el trasplante, reportaron gastos que oscilaban entre 25 y 60 mil dólares (0.5 y 1.2 millones de pesos), con costos adicionales por medicamentos y diagnósticos posteriores. Un entrevistado, aunque no pudo precisar el monto total, indicó que gastaba aproximadamente 600 dólares (12 mil pesos) mensuales en su tratamiento médico desde hace cinco años. Por otro lado, quienes estaban asegurados por el IMSS señalaron que el seguro cubría el costo del tratamiento médico directo, aunque tenían que afrontar los gastos indirectos derivados de los traslados, además de lidiar con los tiempos prolongados de atención en el sistema público.

En cuanto a la viabilidad de que las empresas compensen monetariamente a las comunidades afectadas por los daños a la salud y al ambiente, las opiniones estuvieron divididas. Cuatro entrevistados consideraron que esta compensación es viable, pero subrayaron que debe ir acompañada de otras medidas. Tres la percibieron como una solución justa, mientras que otros tres opinaron que no sería suficiente para resolver el problema de fondo.

Gráfica 5. Además de la compensación monetaria, ¿de qué otras maneras cree que las empresas deberían asumir su responsabilidad?



En esta pregunta tenían la opción de elegir más de una opción.

La gráfica 5 muestra las formas en que los participantes consideran que las empresas deberían asumir su responsabilidad, además de proporcionar compensaciones monetarias, en el contexto de la contaminación ambiental. Las respuestas están clasificadas en cuatro categorías principales, con el porcentaje y el número de personas que respaldan cada opción.

Una de las principales propuestas es el tratamiento médico gratuito, respaldado por el 60% de los participantes (6 personas). Esto refleja la necesidad de que las empresas ofrezcan atención médica sin costo para tratar las enfermedades relacionadas con la contaminación, considerando el impacto significativo en la salud de las comunidades afectadas.

Otra medida ampliamente apoyada, también con un 60% de respaldo (6 personas), es la implementación de proyectos de saneamiento ambiental. Esta opción sugiere que las empresas deben invertir en la limpieza y restauración de las zonas afectadas, como una forma de remediar los daños ambientales que han causado.

Además, el 50% de los participantes (5 personas) consideró importante la inversión en infraestructura comunitaria, como escuelas y hospitales. Esto resalta la

necesidad de fortalecer los recursos básicos de las comunidades, contribuyendo a su bienestar y desarrollo a largo plazo.

Finalmente, la creación de empleos sostenibles fue respaldada por el 50% de los encuestados (5 personas). Esta opción subraya la importancia de generar oportunidades laborales que sean social y ambientalmente responsables, como parte de una estrategia integral para reparar los daños ocasionados.

Las respuestas reflejan una demanda significativa para que las empresas no solo remedien los daños causados, sino que también contribuyan activamente al bienestar de las comunidades afectadas a través de iniciativas integrales que aborden tanto la salud como las oportunidades de un empleo sostenible.

8.2.2 Deuda de las empresas con la comunidad

En relación con la percepción de los entrevistados, nueve de ellos consideraron que las empresas que operan en la región tienen una deuda significativa con la comunidad debido a los beneficios económicos que obtienen a expensas de las condiciones de vida de la población. Un entrevistado, sin embargo, opinó que no. Entre las razones mencionadas destacaron que “las empresas obtienen beneficios y la población se jode”(entrevista anónima, comunicación personal, 14 de noviembre de 2024); señalaron que los salarios son insuficientes, ni siquiera para cubrir medicamentos, y mucho menos para llevar una vida digna; además, enfatizaron que las empresas no garantizan un ambiente digno ni para sus empleados ni para la comunidad.

Las cargas económicas que enfrentan los enfermos de insuficiencia renal son especialmente graves. La necesidad de cubrir los costos del tratamiento se convierte en una preocupación constante tanto para el paciente como para su familia. Un ejemplo de esto es el testimonio de Adrián López:

Tengo dos primos que, igual que yo, fueron diagnosticados con insuficiencia renal y trasplante. Mi familia tuvo que vender una casa para pagar nuestro tratamiento. La enfermedad nos ha costado el patrimonio familiar y puros problemas. Llevo ocho meses sin ir con médicos para hacerme un diagnóstico de mi riñón. O pago

las pastillas o pago el diagnóstico (Adrian López, comunicación personal, 18 de noviembre de 2024).

Además de los problemas de salud y los costos asociados, los entrevistados señalaron que las oportunidades laborales en la región son insuficientes, están mal pagadas o simplemente no están disponibles para quienes tienen trasplantes. Esto se debe a las limitaciones físicas asociadas con su condición, como la imposibilidad de cargar peso o exponerse a temperaturas extremas, lo que podría provocar un rechazo del trasplante de riñón.

Las empresas no te quieren contratar cuando saben que tienes trasplante por insuficiencia renal, porque tenemos muchas limitantes que pueden poner en riesgo el rechazo del riñón. También saben que tienes que ir a diagnóstico y tratamiento constante, y no quieren eso; no quieren que faltes al trabajo. He ido a muchas entrevistas, todo va bien al principio, pero si se enteran de mi enfermedad, no me contratan o me despiden. No he podido encontrar un empleo formal desde que me diagnosticaron con la enfermedad (entrevista anónima, comunicación personal, 14 de diciembre de 2024).

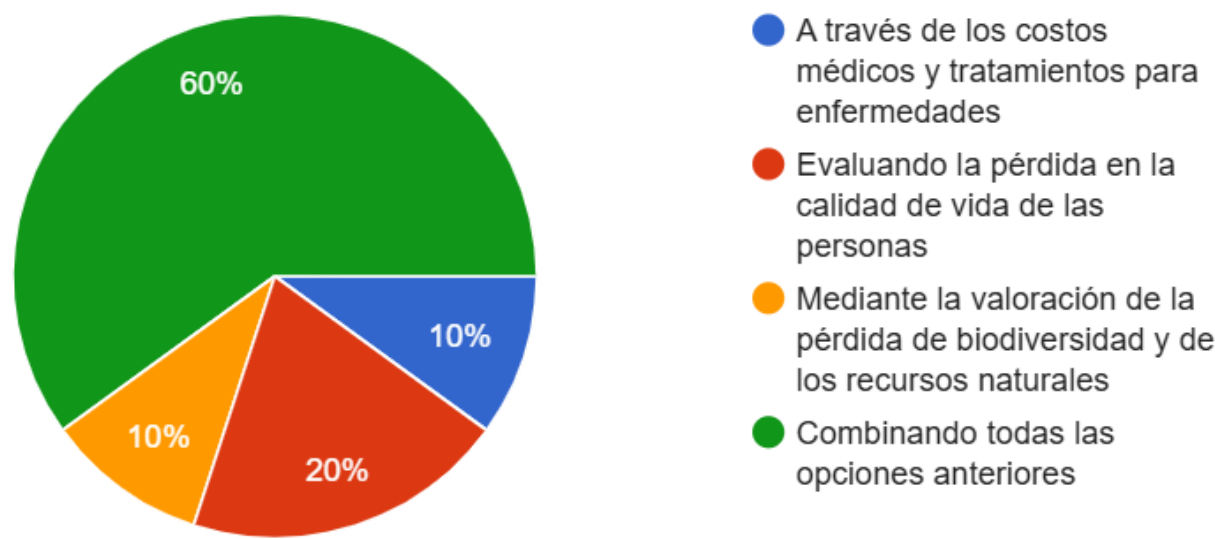
Llevo un año y medio sin conseguir trabajo. Te discriminan muy feo cuando saben que tienes un trasplante por insuficiencia renal (Adrian López, comunicación personal, 18 de noviembre de 2024).

La problemática laboral no solo afecta a los pacientes, sino también a sus familiares, quienes a menudo asumen el rol de cuidadores, lo que impacta su estabilidad laboral:

Muchas empresas no contratan a personas enfermas; nos despiden porque pasamos tanto tiempo en visitas al médico y en tratamientos. A mi hija la despidieron; no logra conseguir un trabajo fijo porque le dicen que sus permisos para faltar no son justificables, aunque me acompañe a mis tratamientos. Yo no puedo ir sola; me desvanesco y ya me he desmayado varias veces. Necesito atención continua (María Guadalupe García, comunicación personal, 27 de noviembre de 2024).

En cuanto a la pregunta de si debería existir un mecanismo que obligue a las empresas a compensar a la comunidad por los daños persistentes, como problemas de salud o deterioro ambiental, todos los entrevistados estuvieron de acuerdo en que sí. Sin embargo, la mayoría no especificó el tipo de mecanismo que sería necesario. Algunos expresaron dudas sobre su efectividad, pero insistieron en que debería implementarse alguna medida. Un entrevistado sugirió la imposición de sanciones económicas: "Solo cuando les pegas en el bolsillo entienden; no les importa la gente" (Entrevista anónima, comunicación personal, 14 de noviembre de 2024).

Gráfica 6. ¿Cuál considera que es la mejor manera de evaluar el impacto ambiental y a la salud causado por las empresas en la comunidad?



La gráfica muestra las percepciones sobre cómo debería valorarse la DS. La mayoría de los participantes (60%) considera que debe realizarse combinando diferentes enfoques: los costos médicos, la pérdida en la calidad de vida, y la valoración de la biodiversidad y los recursos naturales. Un 20% señala que es fundamental evaluar la pérdida en la calidad de vida de las personas, mientras que un 10% considera suficiente enfocarse en los costos médicos y tratamientos para enfermedades. Otro 10% opina que debe priorizarse la valoración de la biodiversidad y los recursos naturales. Estos resultados reflejan una visión integral sobre cómo abordar la complejidad de los impactos

ambientales y sociales, destacando la necesidad de incluir múltiples dimensiones en la valoración de esta deuda.

Al preguntar sobre qué otros tipos de costos o daños deberían considerarse para calcular la deuda de las empresas con la comunidad, surgieron opiniones que reflejan principios de la economía ecológica, particularmente la idea de la inconmensurabilidad de valores, es decir, que no todo puede ser reducido a cifras monetarias.

Yo ya no espero nada de las empresas ni del gobierno. Me di cuenta de que nuestra salud no les interesa. Tuve que arreglármelas solo para costear mi tratamiento. Lo que considero urgente es sanear el río; tienen que atender ese problema de verdad, no como lo han simulado por años. Temo que mis hijos sufran lo mismo que yo con la enfermedad (Daniel Copado, comunicación personal, 2 de diciembre de 2024).

La enfermedad me alejó de mi familia. Yo no sabía lo que era la insuficiencia renal, lo que es tener presión alta, azúcar alta. Me costó mucho entender la enfermedad. Había cambios de humor, mentalmente me afectó mucho vivir esto con mis hijas. Me separé de mi pareja, ¿quién aguanta estar con alguien con esta enfermedad? (Adrián López, comunicación personal, 18 de noviembre de 2024).

El tiempo que pierde la familia y el enfermo, en ir a los tratamientos, diálisis, consultas, eso, ¿cómo nos lo regresan? (Entrevista anónima, comunicación personal, 14 de noviembre de 2024).

Estos testimonios subrayan que los impactos trascienden lo económico, afectando profundamente la salud emocional, las dinámicas familiares, el tiempo y la calidad de vida de quienes padecen estas enfermedades, lo que plantea retos significativos en la valoración integral de la DS.

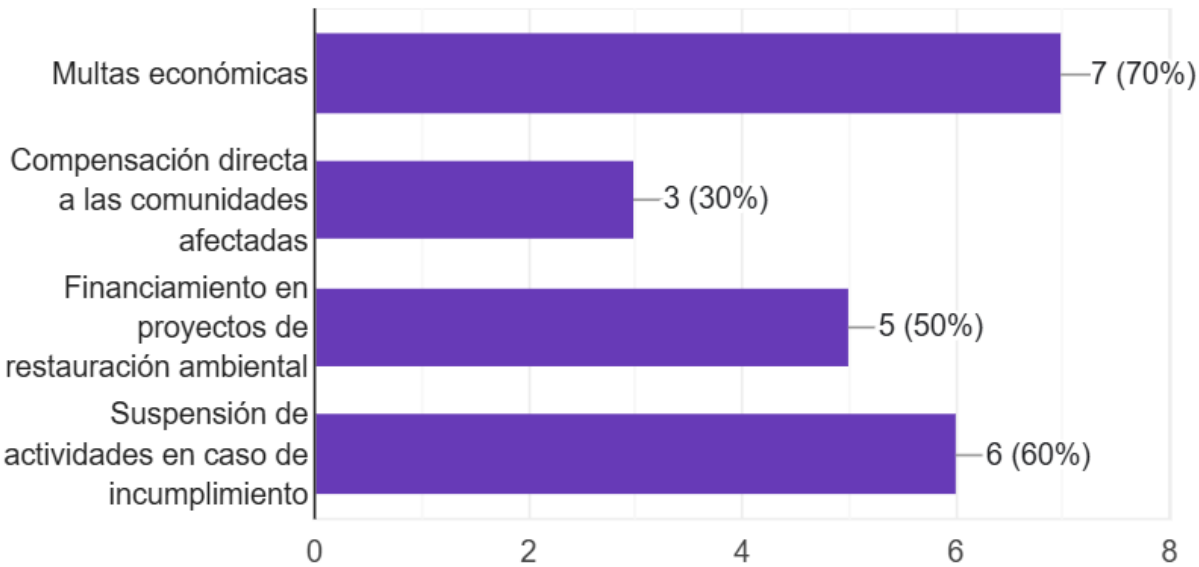
La percepción de los entrevistados refleja una DS compleja y multidimensional que las empresas tienen con las comunidades afectadas. Más allá de los costos médicos, los impactos incluyen la pérdida de calidad de vida, las rupturas familiares, la exclusión laboral y el sacrificio de bienes patrimoniales para costear tratamientos, todo lo cual profundiza la vulnerabilidad social y económica. Estas experiencias no solo evidencian

la falta de interés de las empresas y el gobierno por atender las consecuencias de sus actividades, sino también la necesidad de abordar la deuda desde un enfoque integral que trascienda la compensación monetaria. Los testimonios enfatizan la urgencia de medidas efectivas, como el saneamiento ambiental, y sugieren que las sanciones económicas podrían ser una herramienta para responsabilizar a las empresas. Sin embargo, las respuestas también reflejan el desafío de valorar impactos no cuantificables, como el tiempo perdido, el sufrimiento emocional y las dinámicas familiares, que son fundamentales para comprender la magnitud real de esta deuda.

8.2.3 Leyes y obligaciones de las empresas

En relación con si en México existen suficientes leyes para obligar a las empresas a hacerse responsables de los daños ambientales y a la salud causados en la comunidad, las respuestas de los entrevistados reflejan una diversidad de opiniones. Seis de ellos mencionaron que no existen suficientes leyes, mientras que dos consideraron que sí hay suficientes, pero el problema principal radica en la falta de aplicación. Finalmente, otros dos entrevistados señalaron que no están seguros de si las leyes son suficientes.

Gráfica 7. ¿Qué medidas deberían imponerse a las empresas que han causado daños en la comunidad?



En esta pregunta podían elegir más de una opción.

La gráfica 7 muestra la distribución porcentual y numérica de diversas medidas que deberían implementarse para abordar los daños ambientales causados por las empresas. La opción más mencionada fue la imposición de multas económicas, con un 70% (7 casos), seguida por la suspensión de actividades en caso de incumplimiento, con un 60% (6 casos). El financiamiento en proyectos de restauración ambiental se posicionó en tercer lugar, con un 50% (5 casos), mientras que la compensación directa a las comunidades afectadas tuvo la menor proporción, representando un 30% (3 casos).

Estas cifras evidencian un enfoque predominante en medidas de carácter punitivo y restaurativo. Sin embargo, la reparación directa a las comunidades afectadas parece ser una acción menos prioritaria, lo que podría reflejar una desconexión entre las políticas ambientales y las necesidades concretas de las poblaciones impactadas.

Con las multas ellos reaccionan. La compensación a las comunidades no la hacen; se comprometen y no lo hacen (entrevista anónima, comunicación personal, 8 de diciembre de 2024).

Algunos participantes destacaron la necesidad de un gobierno más estricto en la regulación ambiental. Según María del Carmen Hernández, “El gobierno tiene que ponerse estricto en no permitir que las empresas contaminen. Que se lleven su puta contaminación a otro lado; por su culpa hay tanto enfermo de insuficiencia renal, cáncer, pura enfermedad” (comunicación personal, 4 de diciembre de 2024).

Por otro lado, en cuanto a cómo la comunidad podría defender mejor sus derechos ambientales y de salud, surgieron múltiples perspectivas. Algunos destacaron la importancia de la organización comunitaria mediante manifestaciones, protestas, la participación en organizaciones sociales como USV y USD, y la exigencia al gobierno para que cumpla con su responsabilidad. También se mencionaron acciones individuales como el reciclaje, la separación de basura y el compostaje. No obstante, hubo opiniones que expresaron escepticismo sobre la posibilidad de una organización efectiva debido a la diversidad de puntos de vista en las comunidades.

María Guadalupe García comentó: “Presionando al gobierno, para llegar a un acuerdo fijo entre las empresas y los afectados de salud. Es muy notorio todos los contaminantes que avientan las empresas al río” (comunicación personal, 27 de noviembre de 2024).

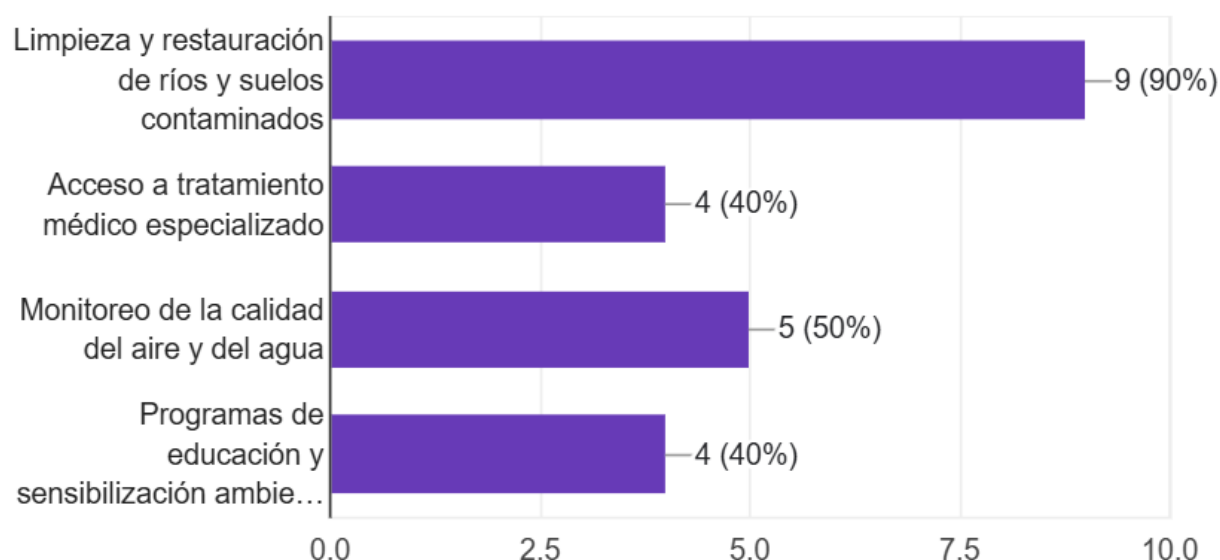
Somos los que tenemos la voz, si esperamos a que lo resuelvan las empresas o el gobierno, nunca va a suceder (entrevista anónima, comunicación personal, 8 de diciembre de 2024)

El análisis evidencia un vacío significativo entre la existencia de leyes y su implementación efectiva. Aunque las multas económicas son vistas como una herramienta eficaz para hacer reaccionar a las empresas, persiste una falta de énfasis en las acciones reparativas dirigidas directamente a las comunidades afectadas. Esto sugiere la necesidad de diseñar y ejecutar políticas más integrales que combinen enfoques preventivos, sancionatorios y reparativos. Asimismo, es imprescindible fortalecer la organización comunitaria y fomentar la participación ciudadana, ya que esta resulta clave para exigir la rendición de cuentas de las empresas y las autoridades. Finalmente, las narrativas recogidas reflejan el profundo descontento de las comunidades frente a la inacción gubernamental, lo que subraya la urgencia de una mayor voluntad política para priorizar la salud y el bienestar de la población frente a los intereses económicos.

8.2.4 Expectativas y propuestas para la reparación del daño ambiental

El presente apartado aborda las expectativas y propuestas de los habitantes de El Salto para la reparación de los daños ambientales ocasionados por años de contaminación industrial y negligencia gubernamental. A través de las percepciones y demandas recogidas en entrevistas y representadas en las gráficas 8 y 9, se exploran las prioridades comunitarias en términos de restauración ecológica, acceso a servicios de salud y fortalecimiento de la participación ciudadana en la toma de decisiones ambientales. Este análisis busca destacar la necesidad de implementar estrategias integrales que no solo atiendan los impactos ambientales y sanitarios inmediatos, sino que también fortalezcan las capacidades de las comunidades para participar activamente en la construcción de soluciones sostenibles y equitativas.

Gráfica 8. ¿Qué medidas considera urgentes para mejorar las condiciones de salud y ambiente en su comunidad?



La gráfica 8 refleja las percepciones de los entrevistados sobre las medidas más urgentes para mejorar las condiciones de salud y ambiente en su comunidad. Los resultados evidencian que la mayoría (90%) considera prioritaria la limpieza y restauración de ríos y suelos contaminados, lo cual sugiere una alta preocupación por la contaminación ambiental y su impacto directo en la calidad de vida.

Urge que limpien las fuentes de agua, en mi casa duramos semanas sin agua y cuando llega está sucia, llega con colores oscuros, como chocolate. Y eso es más gasto para mí, porque esa agua enferma, tengo que comprar garrafones para que nos lavemos los dientes y las manos, hasta para lavar los trastes (María del Carmen Hernández, comunicación personal, 4 de diciembre de 2024).

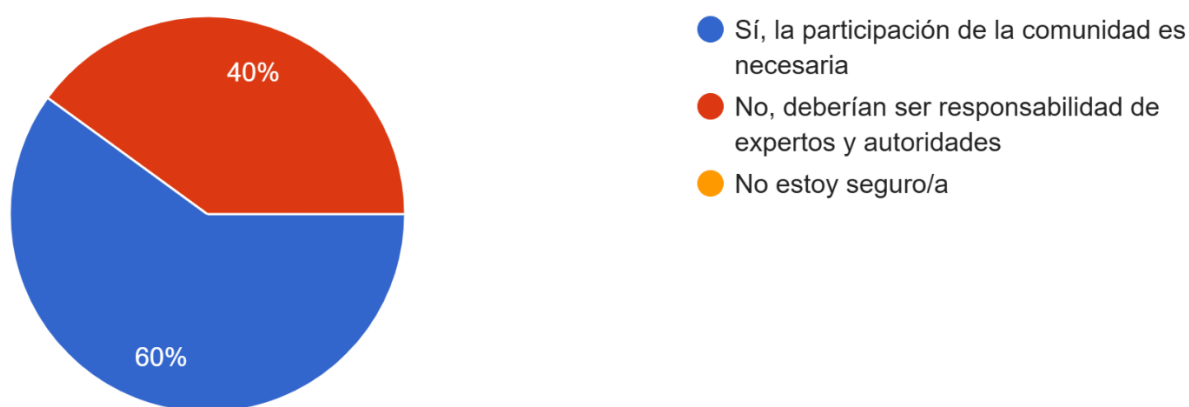
El monitoreo de la calidad del aire y del agua es la segunda medida más mencionada, seleccionada por el 50% de los participantes, lo que subraya la necesidad de un seguimiento constante y transparente de las condiciones ambientales en la región.

Por otro lado, el acceso a tratamiento médico especializado y los programas de educación y sensibilización ambiental fueron seleccionados por el 40% de los encuestados, lo que indica que, aunque estos aspectos son relevantes, son percibidos

como secundarios en comparación con las acciones directas para abordar la contaminación.

En conjunto, los resultados muestran una clara prioridad hacia la restauración del entorno natural, con un reconocimiento paralelo de la importancia de acciones complementarias en salud pública y educación ambiental. Esto destaca la necesidad de diseñar estrategias integrales que combinen la restauración ambiental con el fortalecimiento de capacidades comunitarias y el acceso a servicios médicos especializados.

Gráfica 9. ¿Cree que la comunidad debería tener un papel más activo en la toma de decisiones sobre temas ambientales en la región?



La gráfica 9 muestra las percepciones de los encuestados sobre el papel de la comunidad en la toma de decisiones relacionadas con temas ambientales en la región. Los resultados reflejan una opinión mayoritariamente favorable hacia la participación comunitaria, ya que el 60% de los encuestados considera que dicha participación es necesaria.

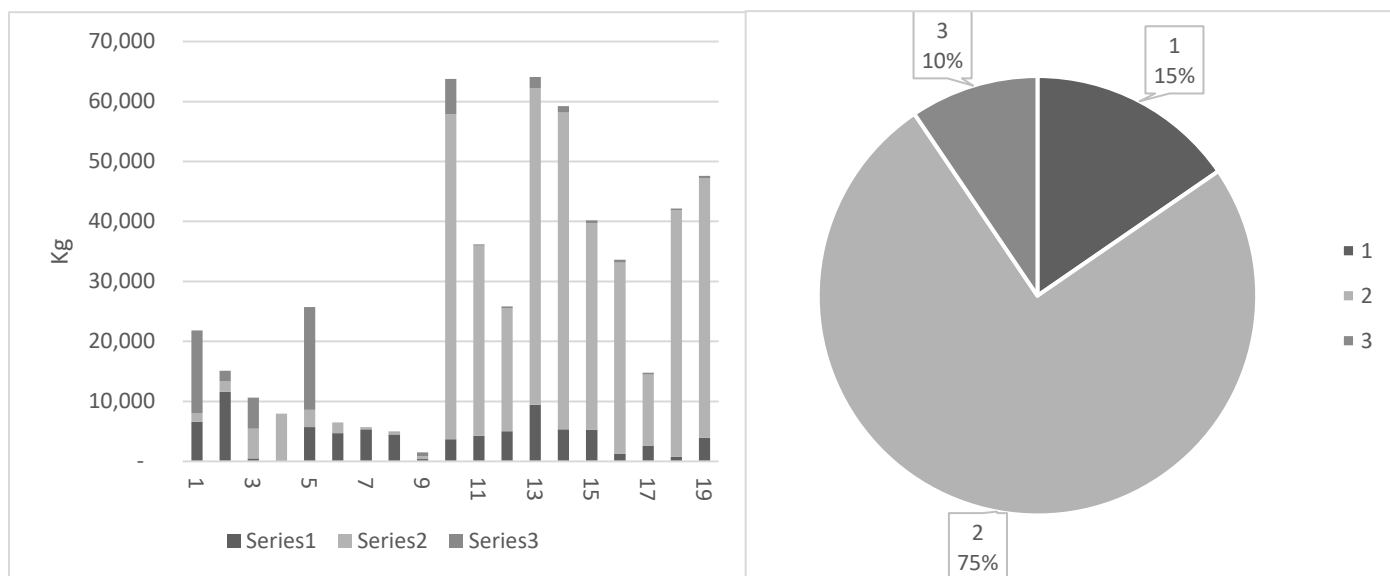
Por otro lado, el 40% de los encuestados cree que la responsabilidad debería recaer exclusivamente en expertos y autoridades. Esto podría interpretarse como una preferencia por decisiones basadas en conocimientos técnicos o un cansancio de la comunidad para participar en estos procesos en los que no han percibido un entorno favorable.

En síntesis, las entrevistas realizadas reflejan de manera contundente el profundo impacto de la contaminación ambiental en la salud, la economía y las relaciones sociales de los habitantes de El Salto, quienes enfrentan una carga desproporcionada de sufrimiento debido a la negligencia histórica de empresas y autoridades. Las vivencias compartidas destacan no solo las necesidades inmediatas, como la atención médica y el apoyo económico, sino también demandas fundamentales de JA, incluyendo la restauración de los ecosistemas dañados y la implementación de medidas preventivas para evitar nuevas afectaciones. Este panorama pone de manifiesto la urgencia de abordar de manera integral las responsabilidades corporativas y gubernamentales, no solo como un acto de reparación hacia las comunidades afectadas, sino como un paso indispensable para garantizar su derecho a un ambiente sano y digno.

8.3. Relación de las emisiones de sustancias tóxicas con el cáncer y la insuficiencia renal

Las emisiones de sustancias, como el arsénico, el asbesto, el benceno, el cadmio, el cromo, el formaldehído, el mercurio y el plomo, han sido ampliamente documentadas por su toxicidad y su impacto adverso en la salud humana. En las comunidades de El Salto, Juanacatlán y Poncitlán, en Jalisco, la exposición crónica a estos contaminantes se ha asociado con una alta prevalencia de enfermedades graves, incluidas diversas formas de cáncer y la insuficiencia renal (UASLP, 2010). Estas localidades, situadas en la ribera del río Santiago, han sido históricamente afectadas por la contaminación industrial, que ha introducido niveles peligrosos de estos metales en el ambiente, afectando directamente a la salud de sus habitantes.

Gráfica 10. Sustancias cancerígenas y nefrotóxicas (kg) emitidas por las empresas al aire, agua y suelo en la ZSRS, 2004-2022

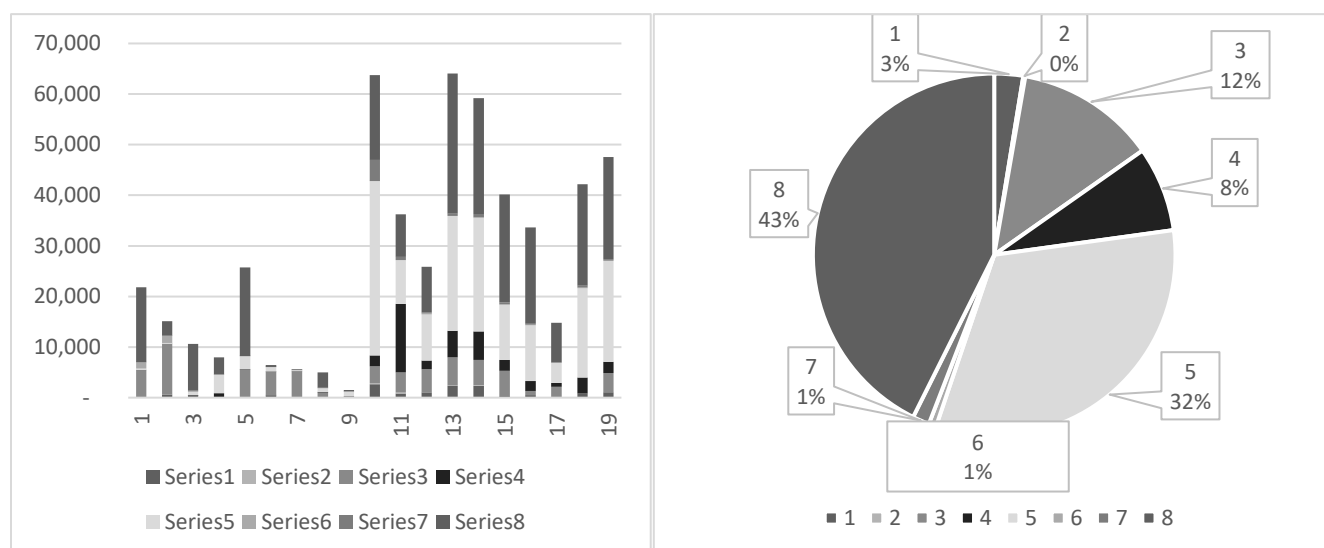


Fuente: elaboración propia a partir de SEMARNAT, 2024.

La gráfica 10 presenta la cantidad de sustancias cancerígenas y nefrotóxicas emitidas al aire, agua y suelo en la región ZSRS entre 2004 y 2022, medida en kilogramos. El medio más afectado es el agua, que concentra el 75% de las emisiones totales, lo cual evidencia un impacto severo en los cuerpos hídricos de la región, con potenciales consecuencias graves para la salud pública y los ecosistemas acuáticos. Por su parte, el aire representa el 15% de las emisiones, mientras que el suelo concentra el 10%. Aunque estos porcentajes son menores en comparación, su relevancia no debe subestimarse debido a los riesgos asociados, como el deterioro de la calidad del suelo, el riesgo de lixiviación y la exposición humana a sustancias tóxicas.

A pesar del debate sobre si las empresas cumplen en lo individual con los límites establecidos por la Norma Oficial Mexicana (NOM-001-SEMARNAT-2021), la suma de las emisiones combinadas en agua, suelo y aire provenientes de todas las empresas ubicadas en la ZSRS genera una alta proporción de contaminantes tóxicos. Esta situación plantea riesgos significativos para la salud, especialmente por la exposición constante a sustancias cancerígenas y nefrotóxicas, lo que subraya la necesidad de medidas más estrictas y efectivas para mitigar estos impactos.

Gráfica 11. Tipo de sustancias cancerígenas y nefrotóxicas emitidas en la ZSRS (kg), 2004-2022



Fuente: elaboración propia a partir de SEMARNAT, 2024.

A partir de la gráfica 11, se pueden extraer las siguientes interpretaciones: El plomo representa el 43% del total de emisiones, siendo la sustancia más abundante y posiblemente la de mayor impacto en términos de toxicidad acumulativa. El cromo ocupa el segundo lugar con un 32%, reflejando su contribución importante en la contaminación. Sustancias como benceno (12%) y cadmio (8%) tienen una proporción menor, pero siguen siendo relevantes por su impacto en la salud humana. Sustancias como el arsénico, mercurio y formaldehído tienen un impacto cuantitativo bajo, pero cualitativamente pueden ser críticas por sus propiedades tóxicas.

Llama la atención tanto en la gráfica 10 y 11 el cambio drástico observado a partir de 2013 en las emisiones de sustancias, que puede explicarse por diversas razones. Una de ellas podría ser la modificación en las regulaciones ambientales, derivada del cambio de partido político en el gobierno federal. En 2012, el Partido Revolucionario Institucional (PRI), liderado por el expresidente Enrique Peña Nieto, retomó el poder tras dos sexenios administrados por el Partido Acción Nacional (PAN). Este cambio político pudo haber influido en la implementación o relajación de normativas ambientales. Otra posible causa es el incremento de la actividad industrial en sectores clave de la ZSRS, como el químico, metalúrgico o textil, ya sea debido a la instalación de nuevas plantas o

al aumento en la producción de las industrias existentes, lo que habría generado un mayor volumen de emisiones.

La evidencia científica respalda la relación entre la exposición al arsénico, el asbesto, el benceno, el cadmio, el cromo, el formaldehído, el mercurio y el plomo y el aumento en la incidencia de cáncer e insuficiencia renal en las comunidades aledañas al río Santiago como se menciona en el capítulo 5.3. *Relación entre la salud ambiental e injusticia* La contaminación industrial ha jugado un papel central en la introducción de estos metales en el entorno local, afectando gravemente la salud de la población. Es crucial que se implementen medidas de remediación y control de la contaminación para prevenir futuros daños y proteger a las comunidades de estos riesgos.

8.3.1 Correlación del cáncer y la emisión de sustancias cancerígenas

Para analizar la relación entre la emisión de contaminantes industriales y la incidencia de cáncer en los habitantes de la ZSRS, se recopilaron datos correspondientes al período de 2004 a 2022. Estos datos incluyen el acumulado de emisiones de sustancias cancerígenas, tales como arsénico, asbesto, benceno, cadmio, cromo, formaldehído, mercurio y plomo, reportadas por las empresas a través de la Cédula de Operación Anual (COA) del RETC del gobierno federal.

El cálculo de los valores acumulados se realizó de la siguiente manera: el dato correspondiente a 2005 incluye las emisiones de 2004 más las de 2005; el dato de 2006 corresponde a la suma de las emisiones de 2004, 2005 y 2006, y así sucesivamente, acumulando los valores anuales hasta llegar a 2022. Este enfoque permite capturar el impacto acumulativo de las emisiones de largo plazo en la región.

Tabla 2. Acumulación de sustancias cancerígenas emitidas y pacientes con cáncer, 2004-2022

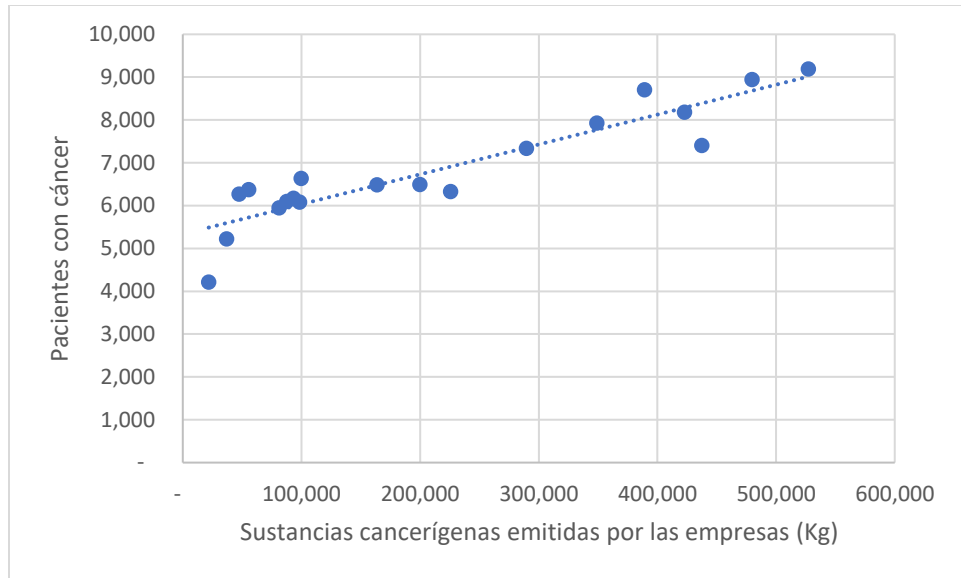
Año	Sustancias cancerígenas emitidas en kg (x)	Pacientes con cancer (y)
2004	21,829	4,212
2005	36,940	5,226
2006	47,556	6,266

2007	55,528	6,371
2008	81,242	5,945
2009	87,661	6,098
2010	93,300	6,175
2011	98,276	6,083
2012	99,803	6,632
2013	163,557	6,488
2014	199,763	6,494
2015	225,609	6,331
2016	289,669	7,339
2017	348,877	7,931
2018	389,050	8,708
2019	422,698	8,183
2020	437,484	7,404
2021	479,658	8,945
2022	527,236	9,187

Fuente: elaboración propia a partir de SEMARNAT, 2024; INEGI, 2024.

La correlación fue estudiada comparando dichas emisiones con la cantidad de pacientes diagnosticados con “tumores malignos” en los hospitales. Cabe señalar que los registros consultados, proporcionados por el INEGI, no utilizan una clasificación específica para las enfermedades identificadas como cáncer, lo que limita la precisión terminológica en la categorización de los diagnósticos. Este análisis busca contribuir a la comprensión del impacto de las actividades industriales en la salud pública de la región.

Gráfica 12. Dispersión entre la cantidad de sustancias cancerígenas y pacientes con cáncer en la ZSRS, 2004-2022



Fuente: elaboración propia a partir de SEMARNAT, 2024; INEGI, 2024.

Los resultados de la regresión lineal son los siguientes:

y es la cantidad de pacientes con cáncer, y

x es la cantidad de sustancias cancerígenas emitidas por las empresas,

la interpretación basada en la ecuación de la regresión lineal:

$$y = 0.0070x + 5335.67$$

Pendiente (0.0070): Por cada 1,000 kilogramos adicionales de sustancias cancerígenas emitidas (x), el modelo estima que el número de pacientes con cáncer (y) aumentará en aproximadamente 7 personas. Este valor sugiere una relación positiva: mientras más sustancias cancerígenas se emiten, mayor es el número esperado de pacientes con cáncer.

Intercepto (5335.67): Cuando las emisiones de sustancias cancerígenas son 0 ($x = 0$), el modelo predice que habría aproximadamente 5,336 pacientes con cáncer. Este valor puede interpretarse como un "nivel base" de casos de cáncer atribuible a otras causas no relacionadas con las emisiones de sustancias cancerígenas.

Coefficiente de determinación ($R^2 = 0.8271$): El R^2 indica que el 82.71% de la variación en el número de pacientes con cáncer puede explicarse por la cantidad de

sustancias cancerígenas emitidas. Esto sugiere una relación fuerte entre ambas variables. Existe una correlación positiva significativa entre las emisiones de sustancias cancerígenas y el número de pacientes con cáncer, lo cual respalda la hipótesis de que las emisiones industriales están contribuyendo a la incidencia de esta enfermedad en la población. Estos resultados pueden servir como evidencia para justificar la implementación de políticas públicas que regulen las emisiones de sustancias cancerígenas y promuevan la salud pública en comunidades afectadas.

Ejemplo práctico:

Si una empresa emite 200,000 kilogramos de sustancias cancerígenas ($x = 200,000$):

$$y = 0.0070(200,000) + 5335.67 = 7(200) + 5335.67 = 1400 + 5335.67 = 6735.67$$

Se esperaría que 1,400 pacientes con cáncer están relacionados con esas emisiones de sustancias cancerígenas.

Aunque el modelo evidencia una fuerte correlación, no es suficiente para establecer una relación de causalidad directa. En este contexto, investigaciones como las citadas en el *capítulo 8.3.1* adquieren especial relevancia, ya que ofrecen una base científica para explorar y confirmar la conexión causal entre la exposición a sustancias como arsénico, asbesto, benceno, cadmio, cromo, formaldehído, mercurio y plomo, y el desarrollo de cáncer. Estudios realizados por autores como Baumann, *et al.* (2013), Bundschuh, *et al.* (2012), IARC (2018), Johri, *et al.* (2010), Pamphlett, *et al.* (2020a, 2020b), Salnikow y Zhitkovich (2008), Silbergeld, *et al.* (2000), Smith (2010), Smith, *et al.* (1989, 2000), Swenberg, *et al.* (2012) y Tang, *et al.* (2009) proporcionan evidencia crucial para profundizar en esta relación y comprender los mecanismos involucrados.

8.3.2 Correlación de la insuficiencia renal y la emisión de sustancias nefrotóxicas

Para evaluar el vínculo entre las emisiones de contaminantes industriales y la incidencia de insuficiencia renal en la población de la ZSRS, se recopilieron datos correspondientes al período 2004-2022. Estos datos incluyen la acumulación de sustancias nefrotóxicas liberadas por las industrias, tales como arsénico, benceno, cadmio, cromo, formaldehído,

mercurio y plomo, reportadas por las empresas a través de la COA del RETC del gobierno federal.

El cálculo de los valores acumulados se llevó a cabo de manera progresiva: el valor de 2005 incluye las emisiones de 2004 más las de 2005; el de 2006 corresponde a la suma de las emisiones de 2004, 2005 y 2006, y así sucesivamente hasta 2022. Este método permite estimar el impacto acumulativo de las emisiones a largo plazo en la región.

Tabla 3. Acumulación de sustancias nefrotóxicas emitidas y pacientes con insuficiencia renal, 2004-2022

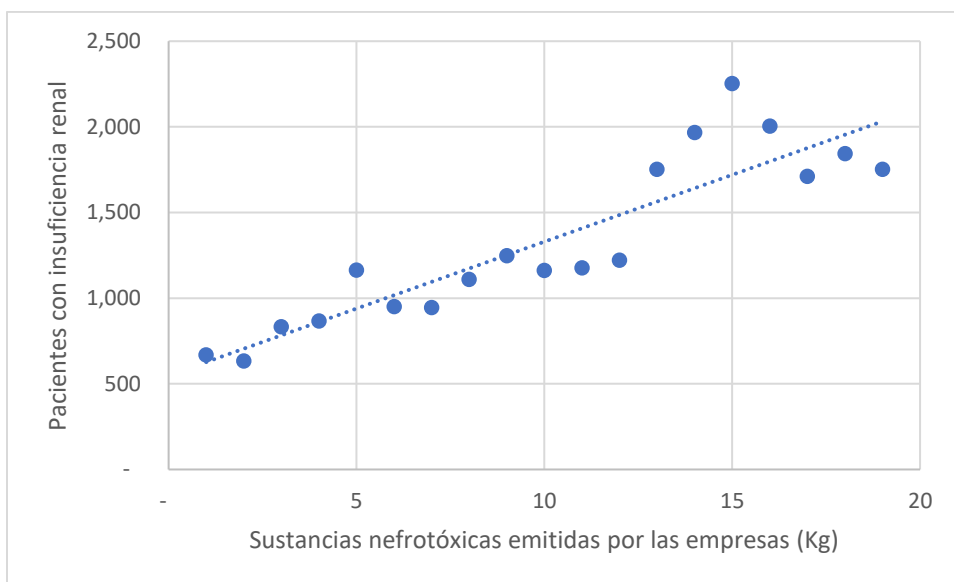
Año	Sustancias nefrotóxicas emitidas en kg (x)	Pacientes con insuficiencia renal (y)
2004	21,807	668
2005	36,918	633
2006	47,513	834
2007	55,485	866
2008	81,162	1,164
2009	87,562	950
2010	93,183	945
2011	98,144	1,109
2012	99,486	1,248
2013	163,065	1,161
2014	199,070	1,176
2015	224,860	1,222
2016	288,860	1,753
2017	347,942	1,967
2018	388,115	2,252
2019	421,763	2,005

2020	436,549	1,711
2021	478,723	1,843
2022	526,301	1,753

Fuente: elaboración propia a partir de SEMARNAT, 2024; INEGI, 2024.

Para determinar la correlación entre estas emisiones y la incidencia de insuficiencia renal, se compararon los registros de sustancias nefrotóxicas emitidas con la cantidad de diagnósticos hospitalarios de insuficiencia renal. Este análisis tiene como objetivo aportar evidencia sobre el impacto de la actividad industrial en la salud pública de la región.

Gráfica 13. Dispersión entre la cantidad de sustancias nefrotóxicas y pacientes con insuficiencia renal en la ZSRS, 2004-2022



Fuente: elaboración propia a partir de SEMARNAT, 2024; INEGI, 2024.

El modelo de regresión lineal obtenido se expresa con la siguiente ecuación:

$$y = 0.0026x + 766.83$$

Donde:

y es la cantidad de pacientes con insuficiencia renal, y

x es la cantidad de sustancias nefrotóxicas emitidas (al aire, agua y suelo) por las empresas,

Interpretación de los coeficientes:

Pendiente (0.0026): Indica que, por cada 1,000 kilogramos adicionales de sustancias nefrotóxicas liberadas, el modelo estima un incremento de aproximadamente 2.6 casos de insuficiencia renal. Esta relación positiva sugiere que a mayor cantidad de contaminantes emitidos, mayor será el número esperado de pacientes afectados.

Intercepto (766.83): Representa la cantidad estimada de casos de insuficiencia renal cuando no hay emisiones de sustancias nefrotóxicas ($x = 0$), lo que sugiere un nivel base de la enfermedad atribuible a otros factores no relacionados con la contaminación industrial.

Coeficiente de determinación ($R^2 = 0.8008$): Indica que el 80.08% de la variabilidad en el número de casos de insuficiencia renal puede explicarse por la cantidad de sustancias nefrotóxicas emitidas. Este valor refleja una fuerte relación entre ambas variables y respalda la hipótesis de que las emisiones industriales pueden estar contribuyendo al aumento de la enfermedad en la población expuesta.

Ejemplo práctico de predicción:

Si una industria emite 200,000 kilogramos de sustancias nefrotóxicas ($x = 200,000$):

$$y = 0.0026(200,000) + 766.83 = 520 + 766.83 = 1,286.83$$

Esto sugiere que el número estimado de pacientes con insuficiencia renal en la región relacionados con las emisiones de sustancias nefrotóxicas alcanzaría aproximadamente 520 personas.

A pesar de la fuerte correlación observada, este modelo no permite establecer una relación causal directa entre las emisiones y la insuficiencia renal. Es necesario complementar este análisis con estudios epidemiológicos y experimentales que profundicen en los mecanismos biológicos mediante los cuales la exposición a contaminantes como el arsénico, benceno, cadmio, cromo, formaldehído, mercurio y plomo podría contribuir al desarrollo de la enfermedad.

Investigaciones previas han documentado la asociación entre estas sustancias y la insuficiencia renal, proporcionando una base científica para comprender mejor esta relación. Estudios de autores como Becerra-Torres, *et al.* (2014), Ekong, *et al.* (2006), Järup y Akesson (2009), Li, *et al.* (2010), McClintock, *et al.* (2012), Negrin, *et al.* (2014), Tang, *et al.* (2009) y Torres, *et al.* (2018) han aportado evidencia clave sobre los efectos nefrotóxicos de estos contaminantes.

Estos hallazgos subrayan la importancia de establecer políticas públicas más estrictas para regular la emisión de sustancias tóxicas y proteger la salud de las comunidades expuestas a la contaminación industrial.

8.4. Deuda socioecológica en la Zona de Sacrificio del Río Santiago

La contaminación en la ZSRS ha generado una crisis ambiental y sanitaria sin precedentes. La exposición prolongada a sustancias tóxicas ha incrementado significativamente la incidencia de enfermedades como el cáncer y la insuficiencia renal, afectando a miles de habitantes de la región. A pesar de la evidencia científica que demuestra la relación entre la contaminación industrial y estos padecimientos, la carga económica y social de estos impactos ha recaído principalmente en las comunidades afectadas, mientras que las empresas responsables continúan operando sin asumir los costos de los daños causados.

Este capítulo se desglosa en seis subcapítulos. En 8.4.1, se analizan los costos del tratamiento del cáncer, con datos de aseguradoras mexicanas y estudios internacionales que evidencian el impacto económico de esta enfermedad en la región. En 8.4.2, se examinan los costos de la insuficiencia renal, resaltando cómo la contaminación industrial ha incrementado la incidencia de este padecimiento y la carga financiera para los afectados. El 8.4.3 aborda el valor de la vida humana, explorando distintos enfoques para cuantificar las pérdidas humanas derivadas de la contaminación y sus implicaciones para la JA. En 8.4.4, se estudia la pérdida de soberanía alimentaria, explicando cómo la contaminación por metales pesados ha afectado la producción agrícola y la seguridad alimentaria en la región. El 8.4.5 presenta una estimación

acumulada de la DS entre 2004 y 2022, comparando los costos con el PIB de Jalisco y otros países. Finalmente, en 8.4.6, se comparan los enfoques de valoración biofísica y monetaria, discutiendo sus fortalezas y limitaciones para medir el impacto de la crisis ambiental en la ZSRS.

Este análisis no solo busca evidenciar la magnitud de los daños y las inequidades que enfrentan los habitantes de la ZSRS, sino también generar herramientas para la exigencia de JA y reparación socioambiental. La DS no es una cifra estática, sino el resultado de un modelo de desarrollo que ha privilegiado la rentabilidad económica sobre la vida y el bienestar de las poblaciones. Su cuantificación y reconocimiento son fundamentales para avanzar hacia procesos de remediación, compensación y transformación estructural que garanticen el derecho a un medio ambiente sano y una vida digna para las comunidades afectadas.

8.4.1 Tratamientos contra el cáncer

Los estudios más antiguos sobre los costos del tratamiento del cáncer surgieron a mediados del siglo XX, cuando los avances en oncología resultaron en tratamientos más complejos y costosos. Uno de los primeros fue el trabajo de Seelig en 1947, que exploró cómo un trauma físico podría contribuir al desarrollo de cáncer, con importantes implicaciones para la compensación por lesiones laborales. Otro estudio clave fue el de *WORKMEN'S compensation acts: Aggravation of cancer by robl dust inhalation as compensable injury* publicado en 1951, destacando que la inhalación de polvo de acero, que agrava el cáncer en los trabajadores, debe considerarse una lesión compensable bajo la ley. Ambos estudios establecieron precedentes importantes para el reconocimiento legal de enfermedades ocupacionales relacionadas con la exposición a agentes cancerígenos en el lugar de trabajo.

Posteriormente, se han realizado estudios rigurosos para calcular los costos de los tratamientos para el cáncer. Un ejemplo destacado es el estudio de Baker, *et al.* (1989), en el cual se detallaron los costos del tratamiento de los pacientes con cáncer. Además, en 2007, la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos (EPA, United States Environmental Protection Agency) publicó un manual intitulado *Cost of Illness Handbook*, que detalla los costos de diferentes tipos de cáncer, como el de

estómago, mama, riñón, pulmón, piel, vejiga y colorrectal. Este manual se ha convertido en una referencia ampliamente utilizada.

Para calcular el costo del tratamiento del cáncer, se utilizaron datos proporcionados por GNP Seguros y AXA México, quienes cuentan con información detallada sobre los costos reales de los tratamientos recibidos por sus pacientes asegurados en México. Estos cálculos no se basan en estimaciones estadísticas teóricas, sino en costos que ya se han incurrido.

GNP Seguros (2024), una aseguradora mexicana con más de 120 años de experiencia en el sector, informó que durante el año 2023 destinó más de 287 millones de dólares (5,800 millones de pesos) para la atención de 14,600 asegurados con diagnósticos de cáncer. El caso más costoso registrado hasta la fecha corresponde al tratamiento de un carcinoma de vejiga reportado en 2020, cuyo costo ha superado los 1.12 millones de dólares (22.7 millones de pesos) y sigue en curso. Dado que el informe fue publicado el 21 de febrero de 2024, esto implica que dicho monto corresponde a solo tres años de tratamiento.

Además, entre 2017 y 2022, la cartera de Gastos Médicos Individual de GNP ha cubierto más de 33,000 casos de cáncer, con un gasto acumulado superior a 623.76 millones de dólares (12,600 millones de pesos), lo que equivale a un costo promedio por paciente de 18,564 dólares (375,000 pesos) (GNP Seguros, 2023).

Por su parte, AXA México informó que, al cierre de 2023, el costo promedio del tratamiento contra el cáncer se elevó a 19,108.91 dólares (386,000 pesos), lo que representa un incremento del 11% respecto a 2022 y del 24% en comparación con 2021 (Hernández, 2024). Este monto es similar al reportado por GNP Seguros (2024), que indicó que el costo promedio de atención por paciente con cáncer en 2023 fue de 19,666 dólares (397,260 pesos). Estas cifras reflejan un gasto equiparable al precio de un automóvil nuevo en su versión más básica.

Es importante destacar que estos informes no detallan las coberturas específicas incluidas en los montos reportados, ya que estas pueden variar dependiendo de las condiciones de cada póliza contratada. Por ejemplo, GNP Seguros menciona que sus

Seguros de Gastos Médicos Mayores ofrecen protección ante enfermedades como el cáncer, cubriendo cirugías, hospitalización, honorarios médicos y tratamientos, entre otros servicios, según lo establecido en las condiciones generales de cada contrato.

El amplio rango entre el costo promedio de 19,108.91 dólares (386,000 pesos) por caso y los 1.12 millones de dólares (22.7 millones de pesos) del caso más costoso refleja la complejidad de valorar los tratamientos de enfermedades. Además, evidencia la carga económica insostenible que estos tratamientos pueden representar para la mayoría de los pacientes y sus familias.

Al multiplicar este costo promedio de 19,108.91 dólares (386,000 pesos) por la cantidad de 28,740 personas que padecen cáncer en la ZSRS debido a las emisiones contaminantes (según los datos presentados en la tabla 4), se obtiene un total de 549,190,099 dólares (11,093,640,000 pesos) correspondientes a la DS de tratamientos contra el cáncer. Es comparable al costo del Estadio Al Thumama, construido en Qatar para la Copa Mundial de la FIFA 2022 (Perfil, 2022).

8.4.2 Tratamientos contra la insuficiencia renal

A finales de la década de 1960 y principios de 1970, comenzaron a publicarse los primeros estudios que evaluaban los costos de la insuficiencia renal, un área de investigación que cobró relevancia con la creciente disponibilidad de tratamientos como la diálisis y el trasplante de riñón. Estos avances médicos, aunque prometedores, demandaban una inversión significativa de recursos y una gestión compleja, lo que impulsó un interés académico y clínico en comprender mejor los costos involucrados.

Uno de los estudios pioneros fue presentado por Schreiner y Maher en 1965, donde abordan los desafíos multidimensionales asociados con la diálisis en pacientes con insuficiencia renal crónica, destacando no solo los aspectos médicos, sino también los problemas morales, éticos y socioeconómicos, especialmente en cuanto a la equidad en el acceso al tratamiento y la distribución de recursos limitados. Posteriormente, Goodey y Kelly (1967) ampliaron esta línea de investigación, señalando que la diálisis impone una carga de estrés financiero para las familias y dificultades para mantener el empleo, lo que subraya la necesidad de un apoyo integral para los pacientes más allá

del tratamiento médico. Más adelante, Pearson, Stranova y Thompson (1976) analizaron los altos costos de los programas de atención médica relacionados con la hemodiálisis crónica, que varían según la ubicación y el tipo de seguro, planteando importantes desafíos económicos para los pacientes y los sistemas de salud.

Durán-Arenas, *et al.* (2011) analizaron los costos relacionados con el tratamiento de hemodiálisis en México, comparando los gastos entre unidades públicas y privadas. Sus hallazgos mostraron que el costo promedio anual por paciente en el sector público es de 7,870 dólares (158,964 pesos), mientras que en el sector privado es considerablemente más alto. El estudio subrayó la insuficiencia de recursos para brindar estos servicios de manera adecuada en México, lo que pone de manifiesto la necesidad urgente de una mayor inversión para satisfacer la creciente demanda de tratamientos para la insuficiencia renal terminal.

Villarreal-Ríos, *et al.* (2020) analizaron los costos asociados al tratamiento de la enfermedad renal crónica desde la perspectiva del Instituto Mexicano del Seguro Social (IMSS). Según su investigación, el costo promedio anual por paciente tratado con hemodiálisis se sitúa entre 11,049 y 12,723 dólares (223,183 y 257,000 pesos), con un costo total estimado de 59,355 dólares (1,198,968 pesos) por paciente a lo largo de su vida. Al multiplicar este costo promedio por la cantidad de 10,651 personas que padecen insuficiencia renal en la ZSRS debido a las emisiones contaminantes (según los datos presentados en la tabla 5), se obtiene un total de 632,188,523 dólares (12,770,208,168 pesos). Es equivalente al presupuesto asignado por el gobierno mexicano para las elecciones del Poder Judicial, una cantidad que permitiría la construcción de 16 hospitales integrales (Pineda y Maceda, 2024).

Esta cifra y estudios mencionados revelan la significativa carga económica que representa la atención de la insuficiencia renal en el sistema de salud mexicano, tanto para las instituciones públicas como para los pacientes y sus familias. La carga económica de este tipo de tratamientos, junto con la insuficiencia de recursos, destaca la necesidad de estrategias integrales para mejorar la prevención y tratamiento de la enfermedad renal crónica, así como de políticas de salud pública más robustas que garanticen la equidad en el acceso a estos servicios esenciales.

8.4.3 El valor de la vida humana

En la ZSRS, la contaminación industrial ha causado una crisis de salud pública, especialmente visible en el incremento de casos de cáncer e insuficiencia renal. Las familias de los afectados enfrentan el sufrimiento y la pérdida de seres queridos debido a enfermedades relacionadas con la exposición a sustancias tóxicas como el arsénico, el plomo y el cadmio. En este contexto, surge una cuestión compleja y controversial: ¿De qué forma se puede valorar la vida humana económicamente en medio de una crisis socioambiental?

En otros contextos, se ha intentado cuantificar el valor de la vida humana para determinar compensaciones por fallecimientos. En Bélgica, por ejemplo, las familias de pacientes fallecidos por cáncer reciben un promedio de 300,000 euros en pagos de seguros de vida (Martínez-Alier, 2002). Si aplicamos una lógica similar a la ZSRS, donde las tasas de cáncer han aumentado significativamente, podríamos pensar en la deuda que las empresas contaminantes tendrían con las familias de los fallecidos.

En la ZSRS, las cifras derivadas de la regresión lineal aplicada en este estudio, que analiza la relación entre los pacientes diagnosticados con cáncer y las emisiones de sustancias cancerígenas, sugieren que más de 28,740 casos adicionales de cáncer se han registrado debido a la exposición a contaminantes industriales (ver tabla 4). Aplicando una estimación optimista de que a nivel nacional el 54% de los pacientes con cáncer sobreviven (Secretaría de Salud, 2023), se calcula que alrededor de 13,220 muertes adicionales relacionadas con esta enfermedad ocurrieron entre 2004 y 2022. Si se considera el valor promedio de un seguro de vida en México, estimado en 150,000 dólares por fallecimiento (aproximadamente 3 millones de pesos), la compensación económica que las empresas responsables tendrían que cubrir ascendería a 1,963 millones de dólares (39,660 millones de pesos) por los 13,220 fallecidos.

Tabla 4. Pacientes con cáncer en la ZSRS por las emisiones de la industria

Año	Sustancias cancerígenas emitidas en (kg)	Pacientes con cancer en la RESACHAS	Pacientes con cancer por las emisiones de la industria (7 pacientes por cada 1000 kg)
------------	---	--	--

2004	21,829	4,212	153
2005	36,940	5,226	259
2006	47,556	6,266	333
2007	55,528	6,371	389
2008	81,242	5,945	569
2009	87,661	6,098	614
2010	93,300	6,175	653
2011	98,276	6,083	688
2012	99,803	6,632	699
2013	163,557	6,488	1,145
2014	199,763	6,494	1,398
2015	225,609	6,331	1,579
2016	289,669	7,339	2,028
2017	348,877	7,931	2,442
2018	389,050	8,708	2,723
2019	422,698	8,183	2,959
2020	437,484	7,404	3,062
2021	479,658	8,945	3,358
2022	527,236	9,187	3,691
TOTAL		130,018	28,740

Fuente: elaboración propia a partir de SEMARNAT, 2024; INEGI, 2024.

Por otro lado, al analizar la relación entre las emisiones de sustancias nefrotóxicas y los pacientes diagnosticados con insuficiencia renal, los resultados sugieren que más de 10,651 casos adicionales de esta enfermedad ocurrieron debido a la exposición a contaminantes industriales (ver tabla 5). Bajo la estimación optimista de que el 81% de los pacientes con insuficiencia renal sobreviven (Caravaca, *et al.*, 2016), se calculan

aproximadamente 2,024 muertes adicionales relacionadas con esta enfermedad en el mismo período. Utilizando el mismo valor promedio de seguro de vida, la compensación económica estimada sería de 301 millones de dólares (6,071 millones de pesos).

Tabla 5. Pacientes con insuficiencia renal en la ZSRS por las emisiones de la industria

Año	Sustancias nefrotóxicas emitidas en kg (x)	Pacientes con insuficiencia renal en la RESACHAS	Pacientes con insuficiencia renal por las emisiones de la industria (2.6 pacientes por cada 1000 kg)
2004	21,807	668	57
2005	36,918	633	96
2006	47,513	834	124
2007	55,485	866	144
2008	81,162	1,164	211
2009	87,562	950	228
2010	93,183	945	242
2011	98,144	1,109	255
2012	99,486	1,248	259
2013	163,065	1,161	424
2014	199,070	1,176	518
2015	224,860	1,222	585
2016	288,860	1,753	751
2017	347,942	1,967	905
2018	388,115	2,252	1,009
2019	421,763	2,005	1,097
2020	436,549	1,711	1,135
2021	478,723	1,843	1,245
2022	526,301	1,753	1,368

TOTAL		25,260	10,651
--------------	--	---------------	---------------

Fuente: elaboración propia a partir de SEMARNAT, 2024; INEGI, 2024.

Sumando estas cifras monetarias, las muertes atribuibles al cáncer son 1,963 millones dólares (39,660 millones de pesos) y a la insuficiencia renal son 301 millones de dólares (6,071 millones de pesos) generan un total de 2,264 millones de dólares (45,731 millones de pesos) en compensaciones económicas según los costos promedio de aseguradoras en México.

Sin embargo, esta cifra no refleja completamente el valor de la vida humana. Numerosos economistas y expertos en JA han argumentado que el valor de una vida humana es infinito o incalculable, dado que la pérdida de una persona no puede ser compensada económicamente. Además, el sufrimiento y el dolor de las familias no se mide en términos financieros. Como afirma Martínez-Alier (2002), el pago de una compensación económica no debería interpretarse como la internalización de estos costos por parte de las empresas, sino como una forma de reconocer su responsabilidad en el daño causado.

En comparación, casos internacionales como el juicio contra Chevron en Ecuador muestran compensaciones significativamente más altas. En este caso, los demandantes solicitaron más de 9,500 millones de dólares (191,900 millones de pesos) por 1,400 muertes relacionadas con cáncer, lo que equivale a 6.78 millones de dólares (137 millones de pesos) por persona (The Economist, 2009). Esto contrasta con las cifras más bajas manejadas en México y resalta las disparidades económicas y la injusticia ambiental que enfrentan las comunidades de la ZSRS.

Economistas como Greenstone (2002) estiman que el valor de una vida humana en contextos de contaminación puede alcanzar los 1.54 millones de dólares (31.1 millones de pesos) en los Estados Unidos. Si se aplica esta estimación a los 28,740 casos de cáncer y los 10,651 casos de insuficiencia renal atribuidos a las emisiones contaminantes en la ZSRS, la deuda de las empresas responsables ascendería a más de 60,662 millones de dólares (1,225,375 millones de pesos). Esta cifra no incluye otros daños, como la pérdida de calidad de vida o el impacto en el desarrollo infantil debido a la exposición a metales pesados.

El rango de las estimaciones, que oscila entre 2,264 millones de dólares (45,731 millones de pesos) basado en aseguradoras mexicanas y 60,662 millones de dólares (1,225,375 millones de pesos) considerando valores internacionales, refleja la dificultad y subjetividad de atribuir un valor monetario a la vida humana. Además, este ejercicio plantea cuestionamientos éticos profundos: aunque cuantificar la vida humana parece necesario para evidenciar la magnitud de la DS, hacerlo también puede deshumanizar el impacto real en las comunidades afectadas.

Finalmente, la DS en la ZSRS no debe limitarse a cálculos económicos. Más allá de las cifras, es crucial adoptar una perspectiva de JA que priorice el derecho a la vida y a la salud, por encima de cualquier interés industrial. Las empresas deben asumir una responsabilidad activa en la prevención de enfermedades y muertes, minimizando sus impactos ambientales. La verdadera JA implica no solo reconocer el daño causado, sino evitar que se repita. Esto requiere acciones firmes, desde la regulación gubernamental hasta cambios significativos en las prácticas industriales, que garanticen la salud y el bienestar de las comunidades afectadas.

8.4.4 Pérdida de soberanía alimentaria derivada del cultivo con alta absorción de metales pesados

La contaminación por metales pesados en suelos agrícolas es un problema global que compromete la seguridad alimentaria y la salud pública. En regiones como la ZSRS, la actividad industrial intensiva ha incrementado la presencia de metales tóxicos en el suelo, agua y aire, lo que afecta directamente a los cultivos destinados al consumo humano. Este capítulo analiza los cultivos con alta capacidad de absorción de metales pesados, los riesgos asociados con su consumo y las estrategias para mitigar esta problemática.

Entre los metales pesados más preocupantes se encuentran el cadmio, el plomo, el mercurio y el arsénico, debido a su toxicidad y capacidad de bioacumulación en las plantas. Los cultivos agrícolas absorben estos metales a través de sus raíces y, en muchos casos, los concentran en partes comestibles, convirtiéndose en un peligro para la salud humana (Beristain, 2010; Martínez-Alier, 2002).

La contaminación industrial en la ZSRS ha tenido un impacto devastador en la vida de los habitantes, particularmente en su capacidad para cultivar hortalizas. Esta actividad, tradicionalmente clave para el sustento económico y alimentario de las comunidades rurales y periurbanas, ha sido gravemente afectada por la presencia de metales pesados como plomo, cadmio y arsénico. Estos contaminantes han inutilizado grandes extensiones de tierra agrícola, obligando a muchas familias a abandonar prácticas ancestrales de cultivo.

Ante la degradación del suelo, las autoridades locales han emitido advertencias sobre los riesgos de cultivar en tierras contaminadas. Como resultado, muchas familias se han visto obligadas a comprar alimentos en mercados externos, lo que incrementa sus gastos y disminuye su autonomía alimentaria. Los huertos familiares, que podrían representar un ahorro económico significativo, han perdido viabilidad en estas condiciones. Por ejemplo, en algunos contextos, un huerto doméstico puede generar un beneficio neto anual de hasta 678 dólares (13,696 pesos) por hogar, sin considerar los costos de mano de obra (Langellotto y Gupta, 2012; Langellotto, 2014). Además del impacto económico, estos huertos aportan beneficios significativos a la calidad de la dieta, al proporcionar alimentos frescos y nutritivos que de otro modo podrían ser costosos en los mercados.

Las poblaciones directamente afectadas por la contaminación con metales pesados incluyen a los habitantes de El Salto (232,852 personas en 2020), Juanacatlán (53,659 personas en 2020) y Poncitlán (30,855 personas en 2020), sumando un total de 317,366 habitantes (INEGI, 2020).

Si consideramos un promedio de cuatro personas por familia en México, el número de familias afectadas asciende a 79,342. Tomando como referencia el valor promedio de un huerto doméstico por hogar, estimado en 678 dólares (13,696 pesos), la pérdida anual en términos de soberanía alimentaria alcanza un valor de 53,793,876 dólares (1,086.64 miles de millones de pesos).

Al multiplicar esta cifra por los 19 años comprendidos en el periodo de estudio (2004-2022), la DS acumulada por pérdida de soberanía alimentaria asciende a 1,022,083,644 dólares (20,646,089,609 pesos). Este cálculo es comparable a la

inversión que la multinacional Nestlé destinará para expandir su producción en México durante el periodo 2025-2027, como parte del Plan México, anunciado por la presidenta Claudia Sheinbaum (Nestlé, 2025; Presidencia de la República, 2025).

El abandono forzado del cultivo de hortalizas ha tenido graves repercusiones en la economía familiar de la región. Muchas familias han perdido ingresos generados por la venta o el intercambio de productos agrícolas. Esta situación ha agravado la inseguridad alimentaria al incrementar la dependencia de alimentos comprados, que no siempre son accesibles o de buena calidad. La pérdida de acceso a alimentos frescos, junto con mayores gastos alimentarios, también ha afectado negativamente la salud de las comunidades, cuya subsistencia depende en gran medida de la agricultura (Alaimo, *et al.*, 2008).

Algunos de los cultivos más comunes han demostrado alta capacidad de absorción de metales pesados, representando riesgos significativos para la salud cuando se producen en suelos contaminados:

- Arroz: Altamente susceptible a la acumulación de arsénico y cadmio debido a su cultivo en sistemas inundados, lo que incrementa la movilidad de estos metales en el suelo. Su consumo prolongado se ha relacionado con cáncer y enfermedades renales (Martínez-Alier, 2002).
- Espinaca: Absorbe cadmio, plomo y níquel, siendo especialmente riesgosa si se cultiva en áreas contaminadas (Galeano, 2009).
- Zanahoria: Sus raíces acumulan plomo, arsénico y cadmio, representando un peligro significativo para la salud (Bustamante Alsina, 1995).
- Trigo y maíz: Estos cereales pueden acumular cadmio y plomo en el grano, especialmente cuando el suelo y el agua de riego están contaminados (Beristain, 2010; Bustamante Alsina, 1995).

El consumo de alimentos contaminados con metales pesados puede causar graves efectos en la salud, incluyendo daño renal y hepático, enfermedades neurológicas

y cáncer. Además, los metales pesados tienen efectos acumulativos, lo que los hace peligrosos incluso en exposiciones bajas, pero continuas (Galeano, 2009).

La agricultura en suelos contaminados por metales pesados plantea un desafío crítico para la seguridad alimentaria y la salud humana. Es urgente implementar estrategias preventivas y correctivas, fortalecer los marcos regulatorios y promover prácticas agrícolas sostenibles. En el caso de la ZSRS, estas medidas son esenciales para mitigar los impactos de la contaminación industrial y proteger a las comunidades afectadas.

8.4.5 Deuda socioecológica acumulada entre 2004 y 2022

La DE total debe abordarse desde un enfoque holístico que integre los impactos ambientales, sociales, culturales, sanitarios y de capacidades, como se ilustra en la figura 1. Sin embargo, es importante destacar que la mayoría de estas afectaciones son inconmensurables y no pueden ser valoradas bajo las lógicas mercantilistas de la economía convencional. En este contexto, la valoración realizada en el presente estudio solo puede considerarse una estimación parcial de la DE, se estima una DS acumulada entre 2004 y 2022. Esta estimación incluye únicamente los costos de:

- Tratamientos de cáncer: 549,190,099 dólares (11,093,640,000 pesos).
- Tratamientos de insuficiencia renal: 632,188,523 dólares (12,770,208,168 pesos).
- Pérdida de vidas humanas: entre 2,264,000,000 dólares (45,731,000,000 pesos) y 60,662,000,000 dólares (1,225,375,000,000 pesos)¹⁰.
- Pérdida de soberanía alimentaria: 1,022,083,644 dólares (20,646,089,609 pesos).

La DS total se estima en 4,467,462,266 dólares (90,240,937,777 pesos) considerando las cifras proporcionadas por aseguradoras mexicanas. in embargo, al utilizar las valoraciones del Norte global, esta cifra se eleva a 62,865,462,266 dólares (1,269,884,937,777 pesos). Esta cantidad representa aproximadamente el 70 % del PIB del estado de Jalisco en 2023 (INEGI, 2023) y se acerca al PIB total de países como

¹⁰ La variación en la cantidad depende de si se utilizan las valoraciones de aseguradoras mexicanas o de países del Norte global.

Uruguay, Bielorrusia, Bulgaria o Birmania en el mismo año (The Global Economy, 2023; Statista, 2023).

Este contraste pone de manifiesto la profunda injusticia socioambiental que persiste en la región: mientras la riqueza económica se concentra en unos pocos, un gran sector de la población vulnerable enfrenta severas afectaciones socioambientales. Aunque estas cifras evidencian la magnitud del impacto, no representan la totalidad de las afectaciones sufridas por las comunidades, dejando fuera numerosos aspectos que no pueden ser cuantificados bajo parámetros económicos convencionales.

8.4.6 Comparación entre los enfoques de valoración biofísica y monetaria

En la valoración de la DS y los impactos ambientales, los enfoques biofísicos y monetarios ofrecen diferentes formas de evaluar el costo real de los daños ocasionados por la actividad humana. En el contexto de la ZSRS, ambos enfoques proporcionan perspectivas complementarias para medir los efectos de la contaminación industrial en la salud pública y el medio ambiente. Este capítulo se centra en la comparación de estos enfoques, destacando sus fortalezas, limitaciones y cómo se aplican en la región para valorar la DS acumulada entre 2004 y 2022 por las empresas contaminantes.

El enfoque biofísico de valoración se centra en medir los impactos ambientales a través de indicadores físicos y biológicos, tales como la concentración de contaminantes en el agua, el suelo y el aire, así como los efectos sobre la biodiversidad y los ecosistemas. Este enfoque no busca traducir estos daños a términos monetarios, sino que se enfoca en la magnitud y la extensión del daño ecológico.

En la ZSRS, la contaminación por metales pesados como el plomo, el cadmio y el arsénico se ha cuantificado a través de estudios científicos que analizan las concentraciones de estos elementos en los cuerpos de agua y suelos cercanos al río Santiago. Estos estudios proporcionan una base sólida para comprender el nivel de daño ecológico y cómo ha afectado la salud de los ecosistemas locales. Según Bundschuh, *et al.* (2012), la exposición prolongada a estos contaminantes tiene efectos graves sobre la biodiversidad y la salud humana, con consecuencias que incluyen la pérdida de especies y el deterioro de la calidad del agua, fundamental para las comunidades locales.

Uno de los principales beneficios del enfoque biofísico es que permite capturar de manera directa los efectos de la contaminación sin depender de su interpretación económica. Esto es especialmente relevante en regiones como la ZSRS, donde los ecosistemas han sufrido degradaciones severas que son difíciles de traducir en términos monetarios. Sin embargo, este enfoque también tiene limitaciones, ya que no ofrece una medida clara para la toma de decisiones económicas y de políticas públicas, en especial cuando es necesario comparar diferentes tipos de impactos o justificar inversiones para la remediación ambiental (Martínez-Alier, 2002).

El enfoque monetario, por otro lado, traduce los impactos ambientales y de salud a términos financieros, lo que facilita su incorporación en análisis costo-beneficio y en la toma de decisiones políticas y empresariales. Este enfoque incluye la estimación de los costos médicos derivados de enfermedades causadas por la contaminación, así como los costos de restauración ambiental. En el contexto de la ZSRS, se han realizado estudios que calculan los costos relacionados con el tratamiento de enfermedades como el cáncer y la insuficiencia renal, que se han incrementado debido a la contaminación por metales pesados (Chávez-Gómez, *et al.*, 2017).

Uno de los principales beneficios del enfoque monetario es su capacidad para facilitar comparaciones y justificar inversiones en proyectos de mitigación y restauración. Por ejemplo, en estudios internacionales sobre contaminación ambiental, como los de Greenstone (2002), se ha estimado que el valor económico de una vida pérdida debido a la contaminación puede alcanzar los 1.54 millones de dólares (31.1 millones de pesos). Aplicando este cálculo a los casos de muertes por cáncer en la ZSRS, se pueden estimar los costos asociados a la falta de medidas preventivas por parte de las empresas responsables.

En el caso de la ZSRS, ambos enfoques han sido útiles para captar diferentes dimensiones del problema ambiental. Mientras que el enfoque biofísico permite comprender la magnitud de la contaminación y su impacto sobre la biodiversidad y la salud, el enfoque monetario facilita una estimación económica que puede ser utilizada para exigir compensaciones a las empresas contaminantes y justificar la inversión en programas de remediación ambiental.

La principal limitación del enfoque biofísico es que, aunque ofrece una medida clara de los daños ecológicos, no facilita una valoración económica directa, lo que puede ser un desafío para las políticas públicas que requieren indicadores financieros para asignar recursos. Por otro lado, el enfoque monetario ofrece una herramienta útil para la toma de decisiones, pero puede reducir la complejidad del daño ambiental a cifras que no capturan completamente el valor intrínseco de los ecosistemas y las culturas locales.

La valoración de la DS en la ZSRS requiere una combinación de enfoques biofísicos y monetarios para ofrecer una imagen completa de los daños causados por la contaminación. Si bien la valoración biofísica es fundamental para comprender la magnitud del problema, la valoración monetaria es crucial para impulsar acciones correctivas y establecer responsabilidades económicas para las empresas contaminantes. Solo mediante la integración de ambos enfoques se puede avanzar hacia una mayor JA en la región.

8.5. Posibilidades de reparación para las comunidades afectadas

La contaminación en la ZSRS ha generado impactos devastadores en la salud y bienestar de las comunidades que habitan cerca de las zonas industriales. Estas comunidades han sido expuestas durante décadas a emisiones tóxicas de plomo, cadmio, arsénico y otros metales pesados, lo que ha resultado en un aumento significativo de enfermedades como el cáncer, la insuficiencia renal, y problemas neurocognitivos en niños y adultos (McCulligh, 2017; CEDHJ, 2009). En este contexto, se vuelve crucial examinar las posibilidades de compensación y reparación para las comunidades afectadas, tanto desde una perspectiva legal, como social y económica.

En México, el marco legal establece mecanismos para la compensación y reparación en casos de daños ambientales a través de la LGEEPA y la Ley Federal de Responsabilidad Ambiental (LFRA). Esta última, en particular, establece que los responsables de causar daños ambientales deben asumir los costos de restauración y compensación por los daños provocados, incluyendo los efectos sobre la salud de las poblaciones cercanas (DOF, 2021; DOF, 2024). Sin embargo, la implementación de

estos mecanismos ha sido históricamente limitada debido a la corrupción y falta de voluntad política (Corona, 2021).

En la ZSRS, la CEDHJ ha emitido recomendaciones desde 2009 para reparar los daños causados por la contaminación del río Santiago, exigiendo que las empresas responsables asuman los costos de remediación ambiental y se establezcan fondos de reparación para las personas afectadas. No obstante, hasta la fecha, la mayoría de estas recomendaciones no han sido implementadas adecuadamente, lo que ha prolongado el sufrimiento de las comunidades afectadas (CEDHJ, 2009; McCulligh, 2017).

Por parte del gobierno del Estado de Jalisco, la acción más importante que efectuaron a partir de 2018 fue la implementación de la estrategia RRS, en un estudio reciente McCulligh (2024) expuso que, al inicio de la implementación de la estrategia, se establecieron dos acciones dirigidas al sector industrial: la creación de un registro centralizado de descargas, el cual serviría de base para el segundo objetivo, que consistía en fortalecer las labores de inspección. Ambas tareas quedaron bajo la responsabilidad de la Procuraduría Estatal de Protección al Ambiente (PROEPA). Para 2024, el Registro Estatal Único de Descargas y Aportes Contaminantes (REUDAC) integra información proveniente de bases de datos de la CONAGUA y el INEGI, así como algunos datos estadísticos derivados de las inspecciones efectuadas por PROEPA, aunque sin detallar nombres de empresas ni sanciones impuestas (McCulligh, 2024).

La intención de robustecer a la misma proepa, con mayores recursos, titubeó. El presupuesto de proepa aumentó primero, de \$16.7 mdp en 2018 a \$66.7 mdp en 2019, lo que permitió, de acuerdo con la procuradora, contratar de 10 a 12 inspectores adicionales. Sin embargo, ella explica que posteriormente con la pandemia “hubo un retroceso”, y el presupuesto volvió a bajar, primero a \$52 mdp en 2020, y luego a un promedio de \$25.8 mdp anuales entre 2021 y 2023 (D.C. Padilla, comunicación personal, 15 de octubre de 2021).

Más allá de estas tentativas a robustecer la inspección estatal, que por la división de competencias tampoco atiende las descargas de agua residual, la acción hacia la industria se conceptuó en la estrategia como parte de un componente titulado “Fuente de desarrollo”, que busca “fomentar el desarrollo sostenible de los

sectores económicos”, a través de la “reconversión productiva” y la innovación tecnológica en materia de tratamiento de aguas residuales y manejo de residuos (Gobierno de Jalisco 2020a: 91). Una primera acción, en esta línea, consistió en la firma de un pacto en agosto de 2019 entre la Secretaría de Desarrollo Económico de Jalisco y cinco cámaras industriales, en donde las últimas se comprometieron a “garantizar el cumplimiento de sus agremiados en torno a las regulaciones ambientales en materia municipal, estatal y federal”, así como impulsar la “mejora continua”. Llama la atención un pacto para comprometerse a cumplir la ley y poco más. Esto era necesario, explicó el coordinador del Consejo de Cámaras Industriales de Jalisco, Rubén Masayi González, al ser “tema de voluntades cumplir con las normas [porque] nuestro sistema de gobierno no tiene capacidad de vigilar que todos cumplamos. Es una convicción que debemos tomar” (Mora, 2019) (McCulligh, 2024, pp. 261-262).

La estrategia RRS refleja una contradicción frecuente en las políticas ambientales: la intención de fortalecer la supervisión y la regulación ambiental se ve limitada por la insuficiencia de recursos y la falta de continuidad en el financiamiento. Aunque se promovió la creación de un registro de descargas y el fortalecimiento de la PROEPA, la reducción presupuestaria tras la pandemia debilitó la capacidad de inspección del organismo, lo que evidencia una dependencia del contexto económico y político en la implementación de estrategias ambientales. Además, la firma de un pacto entre el gobierno y las cámaras industriales, cuyo propósito principal era garantizar el cumplimiento de la ley, pone en duda la efectividad del modelo de autorregulación empresarial, pues se reconoce que la vigilancia estatal es deficiente y que el cumplimiento de la normativa depende más de la voluntad de las empresas que de un marco regulatorio sólido y con mecanismos de sanción efectivos. Esto resalta la fragilidad de las políticas ambientales cuando no se acompañan de estructuras institucionales robustas y de una verdadera voluntad política para hacer cumplir la ley.

Por ello en este trabajo se utiliza el concepto de DS, ya que introduce una base para calcular las cargas económicas que han absorbido las comunidades afectadas por la contaminación industrial. En este contexto, las empresas industriales en la ZSRS

tienen una DE significativa con los habitantes de la región, lo que puede cuantificarse tanto por los daños ambientales como por las pérdidas en salud.

Un enfoque viable sería la creación de un fondo fiduciario financiado por las empresas responsables de la contaminación, que cubra los costos médicos de las enfermedades relacionadas con la exposición a metales pesados, así como las medidas de remediación de suelos y cuerpos de agua.

Además de la compensación económica, las comunidades afectadas en la ZSRS han exigido reparaciones sociales, ambientales y simbólicas. Esto incluye el reconocimiento oficial del Estado y las empresas sobre su responsabilidad en la degradación ambiental y la afectación a la salud de los habitantes. Estas medidas podrían incluir disculpas públicas, la creación de monumentos en memoria de los afectados y la implementación de programas de educación y salud pública para prevenir futuras afectaciones (Corona, 2021).

La rehabilitación ambiental es un componente crucial del proceso de reparación. Las comunidades afectadas han solicitado que las empresas responsables implementen medidas de restauración ecológica, que incluyan la limpieza de ríos y suelos contaminados, así como la reforestación de áreas degradadas.

En la ZSRS, la Estrategia Revive el Río Santiago es un primer paso hacia la rehabilitación ambiental, pero ha sido insuficiente en términos de su alcance y financiamiento. Las comunidades continúan exigiendo que se acelere el proceso y se garantice la participación ciudadana en la toma de decisiones (McCulligh, 2017).

Las posibilidades de compensación y reparación en la ZSRS deben ser abordadas desde un enfoque integral que incluya tanto compensaciones económicas como reparaciones sociales y ambientales. Las comunidades no solo necesitan ser indemnizadas por las pérdidas de salud y capacidad productiva, sino que también requieren el reconocimiento y la justicia simbólica por décadas de negligencia. La implementación de mecanismos legales y económicos sólidos, junto con la rehabilitación ambiental efectiva, son pasos necesarios para lograr JA en la región.

9. Instrumentos jurídicos y responsabilidad empresarial

9.1. Instrumentos jurídicos nacionales e internacionales aplicables

El contexto socioambiental de la ZSRS presenta desafíos complejos en materia de JA y DE, lo que hace imprescindible el análisis de los marcos jurídicos nacionales e internacionales aplicables. La legislación en este ámbito juega un papel clave en la regulación de actividades industriales y en la protección de los derechos humanos y ambientales de las comunidades afectadas. Este capítulo examina los principales instrumentos normativos vigentes en México, así como los compromisos internacionales asumidos por el Estado en materia ambiental y de derechos humanos.

En México, la Constitución Política establece en su artículo 4° el derecho de toda persona a un medio ambiente sano, mientras que el artículo 27 otorga facultades al Estado para regular el uso de los recursos naturales y proteger la biodiversidad. Estos principios constitucionales sirven de base para la exigencia de protección ambiental y la reparación de los daños ocasionados por actividades industriales en la ZSRS.

La LGEEPA constituye el principal marco normativo en la materia. Su artículo 170 faculta a la SEMARNAT para aplicar medidas de seguridad, incluyendo la clausura temporal o definitiva de fuentes contaminantes. Sin embargo, como señala Azamar Alonso (2021b), la debilidad institucional y la falta de aplicación efectiva de estas regulaciones han limitado su impacto en la prevención de daños ambientales.

Por su parte, la Ley General de Salud establece la responsabilidad del Estado en garantizar la salud de la población. Esto resulta particularmente relevante en la ZSRS, donde se han documentado altos índices de enfermedades como el cáncer y la insuficiencia renal, relacionadas con la contaminación ambiental. Según el artículo 134 de esta ley, las autoridades sanitarias deben adoptar medidas preventivas y de control ante situaciones que representen un riesgo para la salud pública, como la exposición a contaminantes industriales.

El Código Penal Federal, en su artículo 420, contempla sanciones para quienes realicen actividades que generen un impacto ambiental grave, como la contaminación de cuerpos de agua y la disposición inadecuada de residuos peligrosos. En complemento, la Ley Federal de Responsabilidad Ambiental permite que las comunidades afectadas presenten demandas para exigir la reparación del daño ecológico. No obstante, el acceso a la JA sigue siendo limitado debido a obstáculos burocráticos y económicos (Azamar Alonso, 2021b).

A nivel internacional, México ha ratificado diversos tratados que refuerzan su compromiso con la JA. Destaca el Acuerdo de Escazú, que garantiza el acceso a la información, la participación pública y la justicia en asuntos ambientales. En la ZSRS, este instrumento es clave para que las comunidades afectadas puedan acceder a datos sobre la contaminación y exigir medidas de remediación. Asimismo, el Convenio de Basilea regula el movimiento transfronterizo de desechos peligrosos, un tema de particular relevancia en la región debido a la presencia de residuos industriales altamente contaminantes.

En términos de derechos humanos, el Pacto Internacional de Derechos Económicos, Sociales y Culturales (PIDESC) establece el derecho a un nivel de vida adecuado, lo que incluye el acceso a recursos naturales como el agua. Dado que la contaminación en la ZSRS ha afectado gravemente la calidad del agua, este tratado refuerza la obligación del Estado mexicano de implementar medidas eficaces para garantizar el acceso a agua limpia y saneamiento (Naciones Unidas, 1966).

A pesar de la existencia de un marco legal sólido, su aplicación en la ZSRS ha enfrentado desafíos significativos. Entre ellos, destacan la falta de recursos para implementar medidas de control y remediación, la corrupción en las instituciones responsables de la vigilancia ambiental y la violencia contra comunidades que defienden su derecho a un ambiente sano (McCulligh, 2017; Azamar Alonso, 2021b). Estos factores limitan la efectividad de las regulaciones existentes y subrayan la necesidad de fortalecer las instituciones encargadas de la JA.

En conclusión, si bien los instrumentos jurídicos nacionales e internacionales ofrecen un marco para abordar los problemas ambientales en la ZSRS, su efectividad

depende de la voluntad política y de la capacidad institucional para hacer cumplir la ley. La integración de los principios de precaución y prevención, como lo señala Azamar Alonso (2021b), es esencial para reducir los riesgos ambientales y garantizar el acceso a un ambiente sano. Sin embargo, la implementación de estos principios sigue siendo deficiente, lo que resalta la urgencia de adoptar mecanismos más efectivos para la protección ambiental y la reparación del daño ecológico en la región.

9.2. Mecanismos para exigir responsabilidad empresarial

La actividad industrial en la ZSRS ha generado un impacto ambiental y social considerable, lo que plantea la necesidad de mecanismos claros y eficaces para exigir la responsabilidad empresarial. En este capítulo, se analizan los principales mecanismos nacionales e internacionales disponibles para hacer que las empresas que operan en la región rindan cuentas por los daños ambientales causados. Estos mecanismos incluyen acciones legales, la participación de la sociedad civil y la implementación de principios de responsabilidad social corporativa.

La Ley Federal de Responsabilidad Ambiental (LFRA) establece un marco jurídico para demandar a las empresas por los daños causados al medio ambiente. En el caso de la ZSRS, las comunidades afectadas pueden presentar demandas colectivas, amparadas en el artículo 4 constitucional, que reconoce el derecho a un medio ambiente sano. Esta ley otorga a las personas afectadas la capacidad de exigir la reparación del daño ecológico y, en algunos casos, compensaciones económicas por las afectaciones a la salud y el bienestar causadas por la actividad industrial (DOF, 2021).

Las empresas que incumplan las disposiciones de la LGEEPA o la LFRA pueden enfrentarse a sanciones administrativas, clausuras temporales o definitivas, así como a la obligación de remediar el daño ambiental. Sin embargo, uno de los retos principales en la ZSRS ha sido la falta de recursos por parte de las comunidades locales para costear los litigios y la corrupción que, en algunos casos, obstruye la JA.

En México, las demandas colectivas son un recurso legal que permite a las comunidades afectadas por la contaminación industrial en la ZSRS unir fuerzas para demandar a las empresas responsables. Según el Código Federal de Procedimientos

Civiles, las demandas colectivas pueden interponerse cuando al menos 30 personas son afectadas por un mismo problema. Este mecanismo ha sido clave en otros casos de desastres industriales, como el derrame de Grupo México en el río Sonora, y se está explorando como una opción en la ZSRS para obtener reparaciones económicas y la restauración del medio ambiente (DOF, 2023).

El Acuerdo de Escazú, ratificado por México, garantiza el acceso a la justicia en asuntos ambientales y promueve la participación ciudadana en la toma de decisiones ambientales. En la ZSRS, este tratado proporciona un marco adicional para que las comunidades exijan responsabilidad empresarial. El Acuerdo otorga a las personas el derecho a acceder a información sobre los niveles de contaminación y los efectos en la salud, lo cual es esencial en una región donde las empresas han ocultado o minimizado su impacto ambiental (CEPAL, 2018).

Los Principios Rectores sobre las Empresas y los Derechos Humanos, adoptados por el Consejo de Derechos Humanos de la ONU, establecen que las empresas tienen la responsabilidad de respetar los derechos humanos, prevenir y mitigar los impactos negativos sobre las personas y el medio ambiente. En el contexto de la ZSRS, estos principios refuerzan la obligación de las empresas de evitar causar daño a las comunidades locales y de remediar los impactos negativos que sus operaciones generan (Naciones Unidas, 2011).

Estos principios también imponen obligaciones al Estado mexicano para que implemente medidas efectivas que garanticen que las empresas operen de manera sostenible y respeten los derechos de las comunidades. La vigilancia internacional sobre el cumplimiento de estos principios es un mecanismo clave para hacer que las empresas transnacionales que operan en la ZSRS rindan cuentas.

La movilización comunitaria ha sido una herramienta fundamental para exigir justicia en la ZSRS. Organizaciones como la Asamblea de Pueblos en Resistencia de la Cuenca Chapala-Santiago, Agrupación USV, Pueblos de la Barranca del Río Santiago, Centro de Estudios e Investigación de la Barranca (CEIBA), Concejo Indígena Xonacatlán, Grupo Ecologista El Roble, Comité Agua y Vida por la Defensa de los Derechos Humanos de Santa Cruz de las Flores y Nuestras Aguas Casa Blanca han

documentado los impactos de la contaminación industrial y han impulsado la presentación de denuncias ante las autoridades locales e internacionales. La participación de las comunidades es un mecanismo vital para mantener la presión sobre las empresas y los gobiernos, exigiendo que se adopten medidas para detener la contaminación y reparar el daño ecológico.

Además, las organizaciones de la sociedad civil han desempeñado un papel crucial en la epidemiología popular, recopilando datos sobre el aumento de enfermedades como el cáncer y la insuficiencia renal en la región, lo que refuerza los argumentos para exigir que las empresas responsables asuman los costos del daño causado (McCulligh, 2017).

Las empresas también pueden ser responsables a través de mecanismos de RSC, que incluyen políticas voluntarias para mitigar el daño ambiental. Si bien estas iniciativas no sustituyen las obligaciones legales, son complementarias y pueden desempeñar un papel importante en la remediación voluntaria. Empresas como Nestlé han adoptado algunas medidas de RSC en la ZSRS, aunque las organizaciones locales consideran que estas iniciativas han sido insuficientes y más simbólicas que efectivas (Decisiones, 2020).

Existen múltiples mecanismos, tanto nacionales como internacionales, para exigir la responsabilidad empresarial en la ZSRS. Desde la implementación de leyes ambientales hasta la movilización de la sociedad civil y los tratados internacionales, es posible hacer que las empresas rindan cuentas por los impactos negativos de sus operaciones. Sin embargo, los obstáculos estructurales, como la falta de acceso a la justicia y la corrupción, siguen siendo barreras que deben superarse. La combinación de mecanismos legales y la presión social es fundamental para garantizar que las comunidades de la ZSRS obtengan justicia y reparación por los daños sufridos.

9.3. Políticas públicas y estrategias de reparación socioambiental

La reparación ambiental de la cuenca del río Santiago, una de las zonas más contaminadas de México, enfrenta un desafío crítico. A pesar de las inversiones

superiores a los 361 millones de dólares (7,300 millones de pesos) anunciadas por el gobierno estatal, el río sigue mostrando altos niveles de contaminación, como lo señalan reportes recientes de la CONAGUA y medios locales (Mural, 2024). El gobernador Enrique Alfaro Ramírez destacó avances en infraestructura y gestión, pero también reconoció que el saneamiento pleno de la cuenca requiere un esfuerzo continuo y coordinado. En este capítulo, se analizan las políticas implementadas, los avances logrados y las áreas de oportunidad para garantizar la JA.

El proceso de saneamiento del río Santiago está respaldado por normativas como la LGEEPA y la Ley de Aguas Nacionales. Sin embargo, la aplicación efectiva de estas leyes ha sido limitada debido a la corrupción, la falta de coordinación interinstitucional y la captura regulatoria. Informes recientes también indican que la capacidad de monitoreo y sanciones por parte de la CONAGUA han sido insuficientes para prevenir la contaminación continuada (Mural, 2024; UDGTV, 2024).

En 2024, el gobierno estatal reportó avances en infraestructura de tratamiento, monitoreo y educación. Sin embargo, no se ha detenido la emisión de sustancias contaminantes, continúan en el río diversos metales pesados, así como compuestos orgánicos persistentes que representan graves riesgos para la salud de las comunidades locales (Mural, 2024; UDGTV, 2024).

La construcción de 18 plantas de tratamiento de aguas residuales y colectores en la cuenca del río Santiago representa un esfuerzo significativo para mitigar la carga contaminante. Sin embargo, según informes de la CONAGUA, el 40% de estas instalaciones opera por debajo de su capacidad debido a problemas sistémicos de mantenimiento y una limitada asignación presupuestal (COCURS, 2024). Este subdesempeño no solo compromete la eficiencia de los sistemas implementados, sino que también exacerba la acumulación de contaminantes como metales pesados y residuos orgánicos persistentes.

Investigaciones recientes han demostrado que las plantas de tratamiento en México enfrentan barreras estructurales relacionadas con la obsolescencia tecnológica y la falta de personal capacitado (González, *et al.*, 2021). En el caso del río Santiago, estos factores están agravados por una demanda creciente de capacidad operativa en

un contexto de presión industrial y urbana. Por lo tanto, es crucial no solo ampliar la infraestructura existente, sino también garantizar su funcionamiento óptimo mediante auditorías regulares y financiamiento adecuado.

El establecimiento de sistemas de monitoreo continuo en la cuenca es un avance esencial para identificar puntos críticos de contaminación. Sin embargo, la capacidad de respuesta a estas alertas sigue siendo ineficiente. Un análisis de las métricas de reacción ante contingencias ambientales muestra que los retrasos no solo incrementan los riesgos para la salud pública, sino que también socavan la confianza en las instituciones encargadas (Alatorre, *et al.*, 2023).

Estudios internacionales respaldan la idea de que el monitoreo eficaz requiere no solo tecnología avanzada, sino también la colaboración interinstitucional y el acceso público a la información en tiempo real (UNEP, 2020). En este sentido, el modelo de gestión debe incluir plataformas de datos abiertos para permitir la vigilancia ciudadana y fomentar la corresponsabilidad.

Las campañas comunitarias diseñadas para sensibilizar a la población sobre la contaminación del río Santiago han tenido un impacto limitado, según evaluaciones independientes (Mural, 2024). Este desafío está vinculado a la insuficiencia de recursos para escalar estas iniciativas a toda la cuenca y al enfoque predominante en acciones informativas en lugar de transformativas.

Investigaciones en comunicación ambiental subrayan la necesidad de adoptar metodologías participativas que empoderen a las comunidades afectadas como agentes activos de cambio (Martínez-Alier, 2015). Programas educativos que incorporen herramientas de acción directa y promuevan la JA a través del diálogo intergeneracional podrían generar un impacto más profundo y sostenible.

Aunque los esfuerzos de remediación han mostrado algunos avances, el río Santiago continúa en una situación crítica. La colaboración efectiva entre el gobierno, la sociedad civil y las empresas privadas es esencial para garantizar el cumplimiento de las metas de saneamiento. Asimismo, es necesario fortalecer los mecanismos de JA para

asegurar que las comunidades afectadas reciban la reparación adecuada y que se implementen medidas preventivas a largo plazo.

10. Discusión

10.1. Comparación de los hallazgos con estudios previos

El análisis de la DS y los impactos de la contaminación industrial en la ZSRS confirma y amplía las conclusiones de investigaciones previas sobre la relación entre actividades industriales, degradación ambiental y salud pública. Este capítulo compara los hallazgos obtenidos con estudios nacionales e internacionales, resaltando las coincidencias, divergencias y aportes novedosos que esta investigación aporta al campo de la JA y la EE.

Estudios como los de Bundschuh, *et al.* (2012) y McClintock, *et al.* (2012) han señalado cómo la exposición prolongada a metales pesados genera efectos adversos significativos en la salud, incluyendo enfermedades como el cáncer y la insuficiencia renal. En línea con estas investigaciones, los datos obtenidos en la ZSRS muestran una fuerte correlación entre las emisiones de sustancias tóxicas y el incremento en la incidencia de estas enfermedades. La identificación de más de 28,000 casos de cáncer y 10,000 casos de insuficiencia renal atribuidos a emisiones industriales desde 2004 refuerza la evidencia de una crisis de salud pública exacerbada por la contaminación industrial.

No obstante, esta investigación avanza al cuantificar la DS asociada a las muertes por cáncer e insuficiencia renal en la ZSRS, estimando costos económicos que oscilan entre 2,264,000,000 dólares (45,731,000,000 pesos) basados en criterios de aseguradoras mexicanas y 60,662,000,000 dólares (1,225,375,000,000 pesos) tomando como referencia casos internacionales. Este enfoque de valoración económica complementa estudios previos, como los de Martínez-Alier (2002), quien resalta la importancia de visibilizar las externalidades ocultas del desarrollo económico y sus impactos. Asimismo, esta aproximación pone de manifiesto la complejidad y subjetividad

inherentes a la asignación de un valor monetario a la vida humana, planteando interrogantes éticos profundos. Si bien la cuantificación parece indispensable para dimensionar la magnitud de la DS, también conlleva el riesgo de deshumanizar el impacto real en las comunidades afectadas.

El caso de la ZSRS ilustra de manera contundente las desigualdades estructurales denunciadas por Martínez-Alier (2011) en su análisis del ecologismo de los pobres. Las comunidades más vulnerables de la región, como El Salto, Juanacatlán y Poncitlán, cargan de manera desproporcionada con los costos de la contaminación, mientras que las empresas responsables continúan obteniendo beneficios económicos significativos. Este patrón de injusticia ambiental también ha sido documentado en casos internacionales, como el juicio contra Chevron en Ecuador (The Economist, 2009), donde comunidades indígenas afectadas por derrames petroleros enfrentaron décadas de lucha por compensaciones.

En comparación, los hallazgos en la ZSRS subrayan un obstáculo adicional: la débil aplicación de marcos legales como la LGEEPA. Mientras que estudios como los de Goeminne y Paredis (2009) destacan el potencial de la DS como herramienta para exigir responsabilidad corporativa, en la ZSRS las barreras institucionales y la corrupción han limitado significativamente su implementación.

Esta investigación combina enfoques biofísicos y monetarios para valorar la DS, alineándose con las recomendaciones de Gómez-Baggethun, *et al.* (2010) sobre la integración de métricas físicas y económicas para representar de manera integral los impactos ambientales. Aunque el enfoque monetario utilizado en estudios previos, como los de Greenstone (2002), ha facilitado el diseño de políticas basadas en costos estimados, esta investigación subraya la necesidad de complementar estas métricas con indicadores biofísicos que reflejen la complejidad y magnitud de la degradación ambiental.

Los resultados también resaltan la utilidad de marcos como la IAP para involucrar a las comunidades afectadas en la coproducción de conocimiento. Este enfoque no solo garantiza una perspectiva más integral, como argumentan Fals-Borda, *et al.* (1991), sino que también fortalece las capacidades locales para incidir en políticas públicas.

Un aporte clave de este estudio es su enfoque en el cálculo de una DS acumulada en un periodo de 19 años, proporcionando una base concreta para reclamar reparaciones. Aunque investigaciones previas han explorado el concepto de DE (Martínez-Alier, 2002; Simms, 2005), este trabajo se distingue al traducirlo a términos monetarios y legales aplicables al contexto mexicano, específicamente en una región del centro del país, una de las más afectadas por las actividades industriales.

No obstante, la investigación enfrenta limitaciones similares a las de estudios anteriores, como la falta de datos actualizados y desagregados sobre emisiones industriales y enfermedades específicas. Esto refleja un vacío estructural en la generación de información ambiental en México, identificado previamente por autores como McCulligh (2017).

Los hallazgos de esta investigación amplían la comprensión de las dinámicas de injusticia ambiental y DE en la ZSRS, confirmando patrones documentados en estudios previos y aportando nuevas perspectivas sobre la valoración económica y la integración comunitaria. La comparación con investigaciones nacionales e internacionales destaca la relevancia de un enfoque interdisciplinario y participativo para abordar la crisis socioambiental en la región, ofreciendo un marco robusto para futuras acciones legales, políticas y académicas.

10.2. Limitaciones del estudio y desafíos para la medición de la deuda socioecológica

El presente estudio sobre la DS en la ZSRS aporta un marco conceptual y metodológico para visibilizar las afectaciones socioambientales provocadas por las actividades industriales. Sin embargo, enfrenta limitaciones inherentes de acceso a datos, la complejidad de los fenómenos estudiados y los desafíos de integración de enfoques interdisciplinarios. Este capítulo analiza las limitaciones del estudio y los retos que persisten en la medición y valoración de la DS.

Uno de los obstáculos fue la carencia de datos desagregados, consistentes y actualizados sobre las emisiones de contaminantes industriales y su correlación directa con las afectaciones a la salud y el medio ambiente en la ZSRS. Estudios previos, como

los de Bundschuh, *et al.* (2012), han destacado la falta de sistemas de monitoreo continuo en regiones afectadas por contaminación industrial. En la ZSRS, las fuentes de datos, como el RETC, a menudo subestiman las emisiones reales debido a las irregularidades en los reportes empresariales y la insuficiente capacidad reguladora de las instituciones gubernamentales (McCulligh, 2017).

Además, la inexistencia de registros específicos de enfermedades relacionadas con la contaminación industrial dificulta establecer vínculos causales directos entre las emisiones de sustancias tóxicas y los diagnósticos de enfermedades crónicas, como el cáncer e insuficiencia renal. Este vacío de información obstaculiza tanto la precisión de los cálculos de DS como la capacidad de implementar políticas públicas basadas en evidencia.

La medición de la DS en este estudio combinó enfoques biofísicos y monetarios, alineándose con recomendaciones metodológicas de Gómez-Baggethun, *et al.* (2010). Sin embargo, esta integración presenta desafíos significativos; por un lado, los enfoques biofísicos capturan la magnitud de los daños en términos de indicadores físicos, como la concentración de contaminantes o la pérdida de biodiversidad, pero carecen de una traducción clara a términos económicos que puedan guiar la toma de decisiones políticas. Por otro lado, los enfoques monetarios, aunque útiles para cuantificar costos asociados a la salud y la restauración ambiental, tienden a simplificar los impactos ecológicos complejos y subestimar valores intrínsecos, culturales y éticos.

Esta tensión entre enfoques refleja un debate más amplio en la EE, donde autores como Martínez-Alier (2002) y Simms (2005) advierten sobre los riesgos de reducir los impactos ambientales a cifras monetarias, dado que muchas dimensiones de la naturaleza y la salud humana son ética y prácticamente inconmensurables.

Un reto adicional identificado es la resistencia de actores clave, incluidos algunos sectores industriales y gubernamentales, para proporcionar información transparente y apoyar investigaciones que puedan derivar en demandas legales o en sanciones económicas. Según McCulligh (2017), las relaciones de poder y la captura regulatoria en la ZSRS han permitido que las empresas multinacionales eviten asumir su responsabilidad por décadas de contaminación.

Este contexto limita la capacidad del estudio para explorar de forma más profunda el impacto acumulativo de ciertas actividades industriales en las comunidades vulnerables, subestimando potencialmente el alcance real de la DE. Asimismo, la corrupción y la impunidad institucional dificultan la implementación de acciones correctivas y el acceso a la justicia para las comunidades afectadas (McCulligh, 2017, 2023, 2024; Tetreault y McCulligh, 2018).

En el ámbito de la contaminación impune de los cuerpos de agua en el país, esa corrupción institucionalizada se expresa a través de un marco regulatorio laxo y escasamente aplicado, el empoderamiento del sector privado en los procesos de generación de los marcos normativos, un énfasis en la recaudación de derechos más que el control de la contaminación, y en esquemas regulatorios que dependen del auto-monitoreo y la auto-regulación, o incluso el optar por esquemas voluntarios respaldados por agencias del Estado (McCulligh, 2024, p. 247).

La valoración monetaria de la vida humana y los daños ambientales plantean dilemas éticos y metodológicos. Aunque esta aproximación es útil para evidenciar la magnitud de la DE y promover la acción legal, autores como Greenstone (2002) y Martínez-Alier (2002) han señalado que estas cifras no pueden capturar el sufrimiento humano, las pérdidas culturales o los derechos de las generaciones futuras.

Además, la dependencia de modelos de regresión lineal para estimar relaciones entre emisiones de sustancias tóxicas y diagnósticos de enfermedades implica suposiciones que no siempre reflejan la complejidad de los sistemas socioambientales. La no linealidad de los impactos, la presencia de variables intervinientes y los efectos acumulativos y sinérgicos representan limitaciones metodológicas que deben considerarse al interpretar los resultados.

Aunque existen estudios internacionales relevantes, como el caso de Chevron en Ecuador (The Economist, 2009), en México son escasos los precedentes de investigaciones que cuantifiquen la DE en regiones específicas. Esto dificulta establecer comparaciones y adaptar metodologías exitosas de otros contextos. La ZSRS presenta

particularidades socioculturales y políticas que requieren un enfoque contextualizado y único.

Las limitaciones identificadas subrayan la necesidad de fortalecer la infraestructura institucional para la recopilación y monitoreo de datos ambientales y de salud, así como de avanzar en enfoques metodológicos que combinen rigor científico y sensibilidad ética. Superar estos desafíos no solo mejorará la precisión en la medición de la DE, sino que también proporcionará una base más sólida para exigir JA y reparación integral para las comunidades afectadas.

10.3. Implicaciones para la justicia ambiental en México y el contexto global

La investigación sobre la DS en la ZSRS revela profundas implicaciones para la JA, tanto en México como en el ámbito internacional. Este capítulo examina cómo los hallazgos obtenidos reflejan y amplían las discusiones sobre equidad ambiental, derechos humanos y políticas públicas en contextos locales y globales.

Los resultados evidencian que las comunidades más vulnerables de la ZSRS, como El Salto, Juanacatlán y Poncitlán, soportan una carga desproporcionada de los impactos negativos derivados de la contaminación industrial. Este patrón de injusticia ambiental es consistente con estudios que señalan cómo las poblaciones de bajos ingresos y grupos étnicos minoritarios suelen estar más expuestos a riesgos ambientales y carecen de acceso a mecanismos efectivos de protección y reparación (Bullard, 2000). En México, la JA ha sido abordada de manera general desde la perspectiva jurídica, estableciendo el derecho a un medio ambiente sano en el artículo 4° constitucional; sin embargo, en la práctica, estos postulados no siempre se reflejan en la realidad cotidiana de las comunidades afectadas (Ramírez-Guevara, *et al.*, 2015).

A pesar de la existencia de marcos legales como la LGEEPA, la aplicación efectiva de estas normativas enfrenta serias dificultades institucionales, económicas y jurídicas en México (Ponce, 2012). La falta de coordinación entre los diferentes niveles de gobierno y la limitada participación ciudadana en la toma de decisiones ambientales perpetúan situaciones de injusticia y vulnerabilidad. La reciente derrota de México en el

caso contra la minera submarina Odyssey Marine, que resultó en una indemnización de más de 37 millones de dólares (747.4 millones de pesos), ejemplifica cómo las debilidades institucionales pueden conducir a decisiones que afectan negativamente al medio ambiente y a las comunidades locales (Suárez, 2024).

La investigación destaca la importancia de la participación verdadera de las comunidades afectadas en los procesos de toma de decisiones ambientales. Experiencias como la del Arroyo Alamar en Tijuana demuestran que la inclusión de la ciudadanía en la planificación urbana y ambiental puede conducir a soluciones más equitativas y sostenibles (Prado, *et al.*, 2021). Sin embargo, persisten desafíos significativos para garantizar una participación efectiva, especialmente en contextos donde las estructuras de gobernanza no facilitan la inclusión de voces marginadas.

A nivel internacional, la JA enfrenta desafíos estructurales que evidencian la persistente asimetría entre el desarrollo económico y la protección de los derechos socioambientales. En países como Colombia, Brasil, Honduras, México, Filipinas y Nicaragua, la violencia sistemática contra defensores ambientales no solo refleja la fragilidad de los mecanismos de protección, sino que también revela la DE acumulada por actores estatales y corporativos que priorizan la rentabilidad sobre la JA y el bienestar comunitario (Monsalve, 2024). Esta situación es especialmente relevante en la ZSRS, donde las dinámicas de impunidad y contaminación industrial reproducen patrones globales de injusticia ambiental y exclusión social. La polarización política y el proteccionismo económico en diversas regiones del mundo complican la implementación de políticas ambientales efectivas, exacerbando las desigualdades y la degradación ecológica (Rengel, 2024).

Los hallazgos de este estudio subrayan la necesidad de fortalecer los mecanismos de JA en México, incluyendo la creación de tribunales ambientales especializados que garanticen la tutela efectiva del derecho a un medio ambiente sano (Flores y Hernández, 2021). Además, es fundamental promover la educación ambiental y la conciencia pública para empoderar a las comunidades en la defensa de sus derechos.

La investigación en la ZSRS refleja dinámicas de injusticia ambiental presentes en México y en el contexto global. Abordar estas problemáticas requiere un enfoque

integral que combine el fortalecimiento institucional, la participación comunitaria y la implementación efectiva de marcos legales que promuevan la equidad y la sostenibilidad ambiental.

10.4. Recomendaciones para futuras investigaciones y políticas públicas

La presente investigación ha revelado múltiples desafíos y áreas de oportunidad que requieren atención tanto académica como gubernamental. A continuación, se proponen recomendaciones dirigidas a orientar futuras investigaciones y el diseño de políticas públicas más efectivas en materia de JA en México.

Es imperativo desarrollar sistemas robustos de monitoreo que permitan la recopilación continua y precisa de datos sobre emisiones industriales y sus impactos en la salud pública. La implementación de tecnologías avanzadas, como sensores remotos y sistemas de información geográfica (SIG), facilitaría la detección temprana de contaminantes y la identificación de áreas críticas. Además, la creación de registros epidemiológicos específicos para enfermedades relacionadas con la contaminación ambiental mejoraría la capacidad de respuesta sanitaria. SEMARNAT ha reconocido la necesidad de innovar en la política ambiental con esquemas adecuados a los actuales retos del sector, lo que incluye la mejora en la recopilación y gestión de datos ambientales (SEMARNAT, 2020).

La complejidad de la DE y la JA exigen enfoques de investigación que trasciendan las disciplinas tradicionales. La colaboración entre economistas, sociólogos, ecólogos, epidemiólogos y otros especialistas permitirá una comprensión más holística de los problemas y el desarrollo de soluciones integrales. La Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM) ha planteado evaluaciones y soluciones socioambientales para México rumbo al 2030, enfatizando la importancia de enfoques interdisciplinarios para abordar la crisis medioambiental (Gaceta UNAM, 2024).

Es necesario revisar y actualizar la legislación ambiental mexicana para garantizar una protección más efectiva del medio ambiente y las comunidades afectadas. La creación de tribunales ambientales especializados podría mejorar la impartición de

justicia en casos de delitos ecológicos. Además, la armonización de leyes federales y estatales reduciría lagunas legales y conflictos de competencia. La necesidad de replantear la jurisdicción ambiental en México ha sido destacada en estudios recientes, subrayando la importancia de una estructura legal más coherente y efectiva (Hermosillo, 2023).

Sin embargo, a pesar de los esfuerzos legislativos recientes, persisten desafíos significativos. Aunque ha habido un incremento en la cantidad de propuestas de corte ambiental, muchas de ellas no son aprobadas o discutidas, y la mayoría no abordan temas fundamentales para prevenir los graves problemas y riesgos ambientales que enfrenta el país en la actualidad (Azamar, 2023). Esta situación refleja una desconexión entre las iniciativas legislativas y las necesidades urgentes de protección ambiental, lo que subraya la importancia de una revisión profunda y una actualización efectiva de la legislación ambiental en México.

Fomentar la participación de las comunidades en la toma de decisiones ambientales es crucial para la legitimidad y eficacia de las políticas públicas. Programas de educación ambiental que sensibilicen a la población sobre sus derechos y responsabilidades contribuirán al empoderamiento ciudadano y a la vigilancia comunitaria de las actividades industriales. La Comisión para la Cooperación Ambiental (CCA) ha enfatizado la importancia de la JA, que aboga por el derecho a utilizar la tierra y los recursos de manera responsable y ética (CCA, 2024).

Las políticas públicas deben fundamentarse en datos científicos sólidos y actualizados. La adopción de enfoques de gobierno abierto, que promuevan la transparencia y el acceso a la información, facilitará la colaboración entre autoridades, academia y sociedad civil. La Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL) ha señalado que los niveles subnacionales y locales son clave para generar consenso y políticas necesarias para promover la sostenibilidad ambiental del desarrollo (Morales, *et al.*, 2020).

Es esencial que las empresas adopten prácticas de producción más limpias y se comprometan con la reparación de los daños ambientales causados. Incentivos fiscales y programas de certificación podrían promover comportamientos empresariales

responsables. La JA exige la protección universal contra la producción y el descarte de desechos tóxicos que amenazan el derecho a un ambiente sano.

La interrelación entre DE y cambio climático requiere estrategias que aborden ambos fenómenos de manera conjunta. La conservación de la biodiversidad y la restauración de ecosistemas degradados son acciones clave para aumentar la resiliencia ambiental y social. La SEMARNAT ha desarrollado estrategias y políticas públicas para enfrentar el cambio climático y proteger la biodiversidad, ofreciendo un análisis de las acciones que realiza el Gobierno de México en esta materia (SEMARNAT, 2017).

La dinámica de los problemas ambientales exige una evaluación periódica de las políticas implementadas y su ajuste conforme a los resultados obtenidos. La creación de observatorios ambientales independientes podría contribuir al seguimiento y mejora continua de las acciones gubernamentales (EJAtlas, 2024; Tiburcio, 2023).

La implementación de estas recomendaciones contribuirá a una gestión ambiental más justa y sostenible en México, atendiendo las necesidades de las comunidades afectadas y preservando los recursos naturales para las generaciones futuras.

11. Conclusiones

La presente investigación ha evidenciado que la ZSRS es uno de los casos más críticos de injusticia ambiental en México. Durante casi dos décadas, la contaminación industrial ha generado una acumulación de DS que no solo ha degradado los ecosistemas de la región, sino que también ha tenido consecuencias devastadoras en la salud y calidad de vida de las comunidades locales. A partir de un análisis interdisciplinario sustentado en la EE, la EP y el PC, este estudio ha permitido cuantificar la magnitud de los daños y señalar la responsabilidad de los actores involucrados.

La pregunta principal de investigación, que exploraba la evolución de la DS entre 2004 y 2022 en la ZSRS y su relación con las emisiones industriales, los impactos en la salud pública y los mecanismos de reparación implementados o ausentes, fue respondida mediante un análisis tanto cuantitativo como cualitativo. Los resultados revelaron que la DS ha crecido de manera alarmante, con más de 28,740 casos

adicionales de cáncer y 10,651 casos de insuficiencia renal atribuibles a la contaminación industrial. Además, los costos de atención médica, la pérdida de vidas humanas y la degradación ambiental suman una DS acumulada de entre 4,467 y 62,865 millones de dólares, una cifra que representa aproximadamente el 70% del PIB del estado de Jalisco en 2023.

En cuanto a las preguntas de aproximación, el estudio respondió a cada una de la siguiente manera:

La primera pregunta indagaba cómo se complementan los indicadores biofísicos y monetarios en la evaluación de la DS, y qué limitaciones presentan para una valoración integral del daño en la ZSRS. Los resultados indicaron que los indicadores biofísicos permiten medir los niveles de contaminación y sus impactos en la biodiversidad y la salud pública, proporcionando una base científica para comprender los efectos del deterioro ambiental. Por su parte, los indicadores monetarios facilitan la exigencia de reparación mediante compensaciones económicas, al traducir los impactos en términos financieros comprensibles para la toma de decisiones políticas y judiciales. No obstante, se identificó que la monetización de la DS presenta limitaciones importantes, ya que no logra capturar plenamente las pérdidas culturales, psicosociales y ecológicas. Si bien la valoración económica es útil, resulta insuficiente para reflejar el sufrimiento humano, la destrucción de los ecosistemas y la afectación a las formas de vida tradicionales de las comunidades.

Respecto a las metodologías de co-producción de conocimiento más efectivas en la articulación entre las comunidades afectadas y la academia para documentar y exigir JA en la ZSRS, la investigación confirmó que la IAP y la PC fueron herramientas fundamentales para la integración de saberes comunitarios y científicos. La co-producción del conocimiento con la agrupación USV permitió desarrollar una metodología que no solo documentó rigurosamente la problemática, sino que también fortaleció estrategias de incidencia política y social en la lucha por JA. Gracias a este enfoque, se logró visibilizar la crisis socioambiental a partir de la voz de las comunidades afectadas, fomentando su participación activa en la construcción del conocimiento y en la defensa de su territorio.

Finalmente, en cuanto a las principales barreras políticas, económicas y sociales que impiden la implementación de estrategias efectivas de reparación y mitigación en la ZSRS, el estudio identificó una serie de obstáculos estructurales que han perpetuado la crisis ambiental y sanitaria en la región. Entre los factores más relevantes se encuentran la corrupción, la captura regulatoria por parte de las empresas contaminantes y la falta de voluntad política para hacer cumplir las normativas ambientales vigentes. A pesar de la existencia de marcos normativos nacionales e internacionales que establecen la responsabilidad de las industrias en la remediación de daños ambientales, la ausencia de mecanismos efectivos de cumplimiento ha permitido la continuidad del modelo industrial. Este modelo, basado en la externalización de costos socioambientales, ha impedido la implementación de medidas de reparación, profundizando la injusticia ambiental y afectando de manera desproporcionada a las comunidades más vulnerables.

A pesar de los marcos normativos nacionales e internacionales que establecen la obligación de las empresas de prevenir y remediar los daños ambientales, la evidencia recopilada en esta investigación señala que las regulaciones han sido insuficientes o no se han aplicado de manera efectiva. Las entrevistas realizadas con habitantes de la región confirman una percepción generalizada de impunidad corporativa, donde las sanciones económicas son mínimas y los mecanismos de reparación resultan ineficaces. Asimismo, la falta de transparencia en el monitoreo ambiental y la resistencia gubernamental a implementar medidas de restauración refuerzan la idea de una captura regulatoria por parte de los intereses empresariales.

Uno de los aportes más significativos de esta investigación es la co-construcción de conocimiento con la agrupación USV, lo que permitió integrar las experiencias y saberes comunitarios en el análisis de la DS. La lucha de las comunidades afectadas por la restauración del río Santiago ha sido sistemáticamente ignorada por las autoridades, lo que ha llevado a la consolidación de estrategias de resistencia y autogestión. La documentación de estas iniciativas demuestra la importancia de la organización social como pilar fundamental en la defensa del territorio y la búsqueda de justicia.

Desde una perspectiva metodológica, esta investigación evidenció la utilidad de combinar indicadores biofísicos y monetarios en la valoración de la DS. Mientras que los

indicadores biofísicos permitieron medir la magnitud del daño ambiental, los indicadores monetarios ofrecieron una herramienta de presión política para exigir compensaciones económicas y estrategias de remediación. Sin embargo, se reconoce que la monetización de la DS es un ejercicio parcial y no puede capturar de manera integral las pérdidas culturales, sociales y ecológicas sufridas por las comunidades afectadas.

A partir de estos hallazgos, se presentan las siguientes recomendaciones:

1. Exigencia de reparación integral: La DS acumulada por las empresas en la ZSRS debe ser reconocida y asumida mediante programas de restauración ambiental, acceso universal a tratamientos médicos y medidas de compensación para las familias afectadas.
2. Fortalecimiento del marco regulatorio: Es fundamental reforzar la aplicación de normativas ambientales y establecer mecanismos de monitoreo más estrictos, con participación directa de la sociedad civil y comunidades afectadas.
3. Acciones legales contra empresas contaminantes: La evidencia científica recopilada en este estudio puede servir como base para litigios ambientales que busquen obligar a las empresas a asumir su responsabilidad por los daños causados.
4. Reorientación del modelo de desarrollo: Es necesario transitar hacia un modelo económico que no sacrifique comunidades en nombre del crecimiento industrial. La reconversión de procesos productivos hacia prácticas sustentables debe ser una prioridad para garantizar la JA.

La crisis socioambiental en la ZSRS no es un fenómeno natural ni inevitable, sino el resultado de decisiones políticas y económicas que han priorizado la rentabilidad sobre la vida. La DS acumulada no solo refleja la devastación ecológica, sino también la deuda pendiente con las generaciones presentes y futuras. La JA en la región solo será posible mediante la reparación efectiva del daño, el reconocimiento de las responsabilidades corporativas y la transformación estructural del modelo de producción que ha generado esta crisis.

En síntesis, esta investigación cumplió con los objetivos planteados y respondió a las preguntas de investigación mediante una metodología rigurosa que combinó análisis de datos ambientales, entrevistas a la comunidad, modelos de regresión estadística y co-producción de conocimiento. Los resultados obtenidos proporcionan una base sólida para futuras acciones de exigencia de JA en la ZSRS y pueden servir como referencia para el diseño de políticas públicas enfocadas en la reparación integral del daño socioambiental.

12. Bibliografía

- Agency for Toxic Substances and Disease Registry (ATSDR) (2020). *Toxicological profile for lead*. U.S. Department of Health and Human Services. <https://www.atsdr.cdc.gov/ToxProfiles/tp13.pdf>
- Agyeman, J., Bullard, R. D., y Evans, B. (2003). *Just Sustainabilities: Development in an Unequal World*. The MIT Press.
- Alaimo, K., Packnett, E., Miles, R. A., y Kruger, D. J. (2008). Fruit and vegetable intake among urban community gardeners. *Journal of nutrition education and behavior* 40(2), 94-101. <https://doi.org/10.1016/j.jneb.2006.12.003>
- Amat, J. (2016). Correlación lineal y Regresión lineal simple. *Cienciadedatos.net*. https://cienciadedatos.net/documentos/24_correlacion_y_regresion_lineal
- Arellano, O., Ortega, L. y Gesundheit, P. (2012). *Estudio de la contaminación en la Cuenca del Río Santiago y la salud pública en la región*. Agrupación Un Salto de Vida, Greenpeace y UCCS. <https://ambientesjustos.org/wp-content/uploads/Descargable-005-AJU.pdf>
- Ayres, R. U. y Kneese, A. (1969). Production, Consumption and Externalities. *American Economic Review*, 59(3), 282-297. <https://www.jstor.org/stable/1808958?origin=JSTOR-pdf>
- Azamar, A. (2021a). Types of resistance and collective forced negotiation in mining. *Regions & Cohesión* 11(3), 7-32. <https://doi.org/10.3167/reco.2021.110303>
- Azamar, A. (2021b). Implicaciones de los principios precautorio y preventivo para el derecho a un ambiente sano en América Latina. *Economía y Sociedad*, 26(59), 1-14. <https://doi.org/10.15359/eyS.26-59.2>
- Azamar, A. (2023). Legislación ambiental en la Cuarta Transformación: ¿avances o retrocesos? *Expresión Económica* (50), 7-24. <https://expresioneconomica.cucea.udg.mx/index.php/eera/article/view/1080>
- Azamar, A. y Téllez, I. (2021). Las Regiones de Emergencia Ambiental: ¿una alternativa a los extractivismos y a la industrialización salvaje? En Aleida Azamar Alonso, José Carlos Silva Macher, Federico Zuberhan (Coords.), *Economía ecológica latinoamericana* (pp. 454-481). CLACSO.

https://www.researchgate.net/publication/358132090_Las_Regiones_de_Emergencia_Ambiental_una_alternativa_a_los_extractivismos_y_a_la_industrializacion_salvaje

- Azamar, A. y Téllez, I. (2023). Regiones de Emergencia Ambiental y alternativas colectivas frente a la crisis socioambiental. *Estudios Sociales* 33(62). <https://doi.org/10.24836/es.v33i62.1357>
- Azamar, A., Silva-Macher, J. C. y Zuberaman, F. (2021). La necesidad de una mirada socioecológica para América Latina. En A. Azamar, J. C. Silva y F. Zuberaman. (Coords.). *Economía ecológica latinoamericana* (pp. 9-31). Siglo XXI y Clacso.
- Baker, M. S., Kessler, L. G. y Smucker, R. C. (1989). Site-specific treatment costs for cancer: An 147roblema of the Medicare continuous history sample file. En Sheffler R. M. y Andrews N. C. (Eds.). *Cancer Care and Costs*. Health Administration Press. 127-138.
- Barajas, Diana (2020, febrero 6). Cerca de 741 empresas han contaminado el Santiago por décadas. *Milenio*. <https://www.milenio.com/politica/comunidad/rio-santiago-741-empresas-contaminado-decadas>
- Barreda, Andrés (2020). Toxitour México: Un registro geográfico de la devastación socioambiental. *Diálogos Ambientales*. 35-40. https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/538900/13_ToxitourD.pdf
- Baumann, F., Ambrosi, J. P., y Carbone, M. (2013). Asbestos is not just asbestos: an unrecognised health 147roble. *The Lancet. Oncology*, 14(7), 576-578. [https://doi.org/10.1016/S1470-2045\(13\)70257-2](https://doi.org/10.1016/S1470-2045(13)70257-2)
- Becerra-Torres, S. L., Soria-Fregozo, C., Jaramillo-Juárez, F. y Moreno-Hernández-Duque, J. L. (2014). Trastornos a la salud inducidos por cromo y el uso de antioxidantes en su prevención o tratamiento. *Journal of Pharmacy & Pharmacognosy Research*, 2 (2), 19-30. https://jppres.com/jppres/pdf/vol2/jppres14.015_2.2.19.pdf
- Beristain, C. M. (2010). *El derecho a la reparación en los conflictos socioambientales*. Hegoa-UPV/EHU.
- Bollo Manent, Manuel; Montañó Salazar, Rodolfo y Hernández Santana, José Ramón (2017). *Situación ambiental de la cuenca del Río Santiago-Guadalajara*. CIGA-UNAM, SEMARNAT y SEMADET. http://sigat.semadet.jalisco.gob.mx/pofa/index_archivos/libro/Libro%20SACRSG_vf.pdf
- Boulding, K. E., (1966). The Economics of the Coming Spaceship Earth. En H. Jarret et al. (Eds.). *Environmental Quality in a Growing Economy* (pp. 3-14) John Hopkins Press.
- Bryman, A. (2016). *Social research methods*. Oxford University Press.
- Bullard, R. D. (1990). *Dumping In Dixie: Race, Class, and Environmental Quality*. Westview Press.
- Bundschuh, J., Litter, M. I., Parvez, F., Román-Ross, G., Nicolli, H. B., Jean, J. S., Liu, C. W., López, D., Armienta, M. A., Guilherme, L. R., Cuevas, A. G., Cornejo, L., Cumbal, L., y Toujaguez, R. (2012). One century of arsenic exposure in Latin America: a review of history and occurrence from 14 countries. *The Science of the total environment* 429, 2-35. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2011.06.024>
- Bustamante Alsina, J. (1995). *Derecho ambiental: Fundamentación y normativa*. Abeledo-Perrot.

- Cámara de Diputados del H. Congreso de la Unión (2024, 22 de marzo). Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos. Diario Oficial de la Federación. <https://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/CPEUM.pdf>
- Caravaca, F., Chávez, E., Alvarado, R., García-Pino, G. y Luna, E. (2016). Muerte súbita en pacientes con enfermedad renal crónica avanzada. *Nefrología* 36(4), 404-409. <https://doi.org/10.1016/j.nefro.2016.05.001>
- Carmona, A., Barreda, V. M. X. y Navarro, M. L. (2024). Nombrar la devastación radical de la vida. Hacia una lectura eco-política de las zonas de sacrificio desde la cuenca alta del río Santiago en México. *Bajo el Volcán*, (11), 192-237. <https://doi.org/10.32399/ICSYH.bvbuap.2954-4300.2024.6.11.782>
- Castañeda Huizar, Porfirio y Venegas Herrera, Carmen (2009). Distribución del agua potable en la zona metropolitana de Guadalajara Desigualdad y perturbación ecológica. En Salvador Peniche Camps y Manuel Guzmán Arroyo (Comps.), *Estudios de la cuenca del río Santiago. Un enfoque multidisciplinario* (pp. 127-144). Editorial Páramo. <https://www.eumed.net/libros-gratis/2010f/859/859.pdf>
- Chávez, P. (2024). El Moby Dick de Jalisco. *Seguir en la Tierra*. <https://www.seguirenlatierra.org/critica/el-moby-dick-de-jalisco/>
- Chávez, G. y Daza, J. C. (2003). Reflexión metodológica sobre la aplicación concreta de la Investigación Acción Participativa (IAP) en contextos rurales del estado de Colima. *Estudios sobre las Culturas Contemporáneas* IX(17), 115-146. <https://www.redalyc.org/pdf/316/31601707.pdf>
- Chávez-Gómez, N. L., Cabello-López, A., Gopar-Nieto, R., Aguilar-Madrid, G., Marin-López, K. S., Aceves-Valdez, M., Jiménez-Ramírez, C., Cruz-Angulo, M. C., y Juárez-Pérez, C. A. (2017). Enfermedad renal crónica en México y su relación con los metales pesados. *Revista Médica del IMSS* 55(6), 725-734.
- Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL) (2018). *Acceso a la información, la participación y la justicia en asuntos ambientales en América Latina y el Caribe: Hacia el logro de la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible*. <https://www.cepal.org/es/publicaciones/43301-acceso-la-informacion-la-participacion-la-justicia-asuntos-ambientales-america>
- Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL) (2022). *Acuerdo Regional sobre el Acceso a la Información, la Participación Pública y el Acceso a la Justicia en Asuntos Ambientales en América Latina y el Caribe*. <https://repositorio.cepal.org/entities/publication/624ca75e-7b4e-4f1b-b314-1f9d27ee3245>
- Comisión Estatal de Derechos Humanos Jalisco (CEDHJ) (2009). *Recomendación 1/2009*. <http://historico.cedhj.org.mx/recomendaciones/emitidas/2009/rec0901.pdf>
- Comisión Estatal de Derechos Humanos Jalisco (CEDHJ) (2021). *Informe Especial. Área de influencia por los contaminantes primarios presentes en el río Santiago y lago de Chapala*. http://historico.cedhj.org.mx/recomendaciones/inf.%20especiales/2021/Informe%20especial_r%C3%Ado%20Santiago%20y%20lago%20de%20Chapala.pdf
- Comisión Interamericana de Derechos Humanos (2020, 5 de febrero). *Pobladores de las Zonas Aledañas al Río Santiago respecto de México*. Resolución 7/2020. Medida Cautelar No. 708-19. <https://www.oas.org/es/cidh/prensa/comunicados/2020/MC70819.pdf>

- Comisión Nacional del Agua (CONAGUA) (2018). *Diagnóstico de la calidad del agua en el río Santiago, desde el lago de Chapala hasta el puente Arcediano y de los municipios de Juanacatlán y El Salto, en Jalisco*. https://files.conagua.gob.mx/conagua/generico/calidad_del_agua/diagnostico_rio_santiago_2012-2018.pdf
- Comisión para la Cooperación Ambiental (CCA) (2024). *Justicia ambiental*. <http://www.cec.org/es/temas/justicia-ambiental/>
- Consejo de Cuenca del Río Santiago (COCURS) (2024). Inventario de plantas de tratamiento de aguas residuales municipales dentro de la cuenca del río Santiago 2024. <https://www.cocurs.mx/pdfs/Doc%20Inventario%20PTARs%20VF-2024.pdf>
- Consejo Nacional de Evaluación de la Política de Desarrollo Social (CONEVAL) (2020). *Medición de la pobreza a nivel municipio 2010-2020*. <https://www.coneval.org.mx/Medicion/Paginas/Pobreza-municipio-2010-2020.aspx>
- Corona, I. Y. (2021). *Mobilización del conocimiento y sus efectos en la configuración de lo político: la cuenca alta del río Santiago en Jalisco* [Tesis de doctorado, FLACSO México]. Repositorio Institucional FLACSO México. https://flacso.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1026/378/1/Corona_IY.pdf
- Costanza, R. (1989). What is ecological economics? *Ecological Economics*, 1, 1-7.
- Costanza, R. (1991). *Ecological Economics: the Science and Management of Sustainability*. Columbia University Press.
- Costanza, R., Segura, O. y Martínez-Alier, J. (1996). *Getting Down to Earth: Practical Applications of Ecological Economics*. Island Press.
- Dagnino, J. (2014). Regresión Lineal. *Revista Chilena de Anestesia*, 43(2), 143-149. <https://doi.org/10.25237/revchilanestv43n02.14>
- Daly, H. E. (1968). On Economics as a Life Science. *Journal of Political Economy*, 76(3), 392–406. <http://www.jstor.org/stable/1829303>
- Daly, H. (1973). *Toward a Steady-state Economy*. WH Freeman & Co.
- De la Rosa-Portillo, L. E. (2014). *Análisis espacio-temporal del monitoreo de la calidad del agua del Río Grande de Santiago, y sus implicaciones a la salud ambiental* [Tesis de pregrado, Universidad de Guadalajara]. https://riosantiago.jalisco.gob.mx/wp-content/uploads/2023/05/monitoreo_de_la_calidad_del_agua_del_rio_grande_de_santiago_y_sus_implicaciones_a_la_salud_ambiental.pdf
- de la Torre Escoto, María Elena; Bartorila, Miguel Ángel y Alayón González, José Javier (2022). Situaciones ecotonaes y servicios ecosistémicos: salud ambiental en la Barranca del Río Grande de Santiago. Área Metropolitana de Guadalajara, México. *Urbe. Revista Brasileira de Gestão Urbana* 14, 1-19. https://www.researchgate.net/publication/365809023_Situaciones_ecotonaes_y_servicios_ecosistemicos_salud_ambiental_en_la_Barranca_del_rio_Grande_de_Santiago_Area_Metropolitana_de_Guadalajara_Mexico
- Decisiones (2020, febrero 6). Nestlé, en la lista de empresas ligadas a contaminación del río Santiago. <https://decisiones.com.mx/pais/jalisco/nestle-en-la-lista-de-empresas-ligadas-a-contaminacion-del-rio-santiago/>

- del Valle, J. y Guerra, C. W. (2012). La Multicolinealidad en modelos de Regresión Lineal Múltiple. *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, 21(4), 80-83. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=93223755013>
- Denzin, N. K. y Lincoln, Y. S. (2005). *The SAGE Handbook of Qualitative Research*. SAGE Publications.
- Diario Oficial de la Federación (DOF) (2021, abril 22). *DECRETO Promulgatorio del Acuerdo Regional sobre el Acceso a la Información, la Participación Pública y el Acceso a la Justicia en Asuntos Ambientales en América Latina y el Caribe, hecho en Escazú, Costa Rica, el cuatro de marzo de dos mil dieciocho*. https://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5616505&fecha=22/04/2021#gsc.tab=0
- Diario Oficial de la Federación (DOF) (2021, mayo 20). *Ley Federal de Responsabilidad Ambiental (LFRA)*. https://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/LFRA_200521.pdf
- Diario Oficial de la Federación (DOF) (2023, junio 7). *Código Federal de Procedimientos Civiles (CFPC)*. <https://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/CFPC.pdf>
- Diario Oficial de la Federación (DOF) (2024, abril 1). *Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (LGEEPA)*. <https://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/LGEEPA.pdf>
- Durán-Arenas, L., Ávila-Palomares, P. D., Zendejas-Villanueva, R., Vargas-Ruiz, M. M., Tirado-Gómez, L. L., y López-Cervantes, M. (2011). Costos directos de la hemodiálisis en unidades públicas y privadas. *Salud Pública de México* 53(Supl. 4), 516-524. https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0036-36342011001000016
- Durán-Juárez, J. M. y Torres-Rodríguez, A. (2009) La sustentabilidad de la cuenca del río Santiago y su relación con la metropolización de Guadalajara. *Cultura, Tecnología y Patrimonio*, 4(7), 5-31. <https://biblat.unam.mx/hevila/Culturatecnologiaypatrimonio/2009/vol4/no7/1.pdf>
- Edwards, R., y Holland, J. (2013). *What is Qualitative Interviewing?* Bloomsbury Academic. <https://library.oapen.org/handle/20.500.12657/58752>
- EJAtlas (2024). *Global Atlas of Environmental Justice*. <https://ejatlas.org/>
- Ekong, E. B., Jaar, B. G. y Weaver, V. M. (2006). Lead-related nephrotoxicity: A review of the epidemiologic evidence. *Kidney International*, 70(12), 2074-2084. <https://doi.org/10.1038/sj.ki.5001809>
- Enciso, A. (2015, febrero 3). Contaminación del río Santiago produce cáncer a la población. *La Jornada*. <https://www.jornada.com.mx/2015/02/03/sociedad/032n1soc>
- Equipo de investigación del PRONAI-318965 (2023, abril 18). *La Comisión Nacional del Agua se niega a hacer pública la calidad de las descargas al río Santiago en Jalisco: Juez federal ordena que proporcione información*. https://drive.google.com/file/d/1nBRQGEcLruvZq_H2r5P29u6PjtcPNmAt/view?fbclid=IwY2xjawlSTCdleHRuA2FlbQlxMAABHfA4ecUN3nIzqEgLJoYqJKxWekhCdPcJRkH1BQBKHfvW2GeQuPkOOmQxmg_aem_pRhUaP2ZjXjqQqOCOTeDLq

- European Environment Agency (EEA) (2002). *Late Lessons from early warnings: The precautionary principle 1896-2000*. Environmental Issues Report No. 22. https://www.eea.europa.eu/publications/environmental_issue_report_2001_22
- Fals-Borda, O., Anisur, M., de Roux, G. I., Salazar, M. C., Gianotten, V., de Wit, T., Nyoni, S., Gaventa, J. y Tilakaratna. (1991). *Acción y conocimiento. Cómo romper el monopolio con investigación-acción participativa*. CINEP.
- Flores, M. y Hernández, M. G. (2021). Tribunales ambientales y justicia ambiental en México. *Nodos*. <https://2021.nodos.org/ponencia/tribunales-ambientales-y-justicia-ambiental-en-mexico/>
- Funtowicz, S. O. y Ravetz, J. R. (1993). Science for the post-normal age. *Futures* 25(7), 739-755. [https://doi.org/10.1016/0016-3287\(93\)90022-L](https://doi.org/10.1016/0016-3287(93)90022-L)
- Funtowicz, S. O. y Ravetz, J. R. (1994). The worth of a songbird: ecological economics as a post-normal science. *Ecological Economics*, 10(3), 197-207. [https://doi.org/10.1016/0921-8009\(94\)90108-2](https://doi.org/10.1016/0921-8009(94)90108-2)
- Gaceta UNAM (2024, septiembre 27). Plantean evaluación y soluciones socioambientales para México rumbo al 2030. <https://www.gaceta.unam.mx/plantean-evaluacion-y-soluciones-socioambientales-para-mexico-rumbo-al-2030/>
- Galeano, E. (2009). *La naturaleza no es muda*. Siglo XXI.
- García, A. Y. (2021, abril 9). Cultivos y ejidatarios, afectados por falso combate vs extracción de agua. *Perimetral*. <https://perimetral.press/cultivos-y-ejidatarios-afectados-por-falso-combate-vs-extraccion-de-agua/>
- Georgescu-Roegen, N. (1971). *The Entropy Law and the Economic Process*. Harvard University Press.
- GNP Seguros (2023, febrero 2). *El cáncer es una de las enfermedades de mayor costo por su tratamiento. GNP Seguros ha pagado más de 93 mdp por un solo caso de cáncer que sigue en tratamiento*. <https://www.gnp.com.mx/content/dam/pp/mx/es/footer/blue-navigation/conocenos/sala-de-prensa/2023-boletines/EL-CANCER-ES-UNA-DE-LAS-ENFERMEDADES-DE-MAYOR-COSTO-POR-SU-TRATAMIENTO.pdf>
- GNP Seguros (2024, febrero 21). *GNP Seguros pagó más de 5,800 millones de pesos en 2023 por atención de casos de cáncer. La detección temprana es fundamental para reducir el riesgo de mortalidad*. <https://www.gnp.com.mx/content/dam/pp/mx/es/footer/blue-navigation/conocenos/sala-de-prensa/2024-boletines/GNP%20Seguros%20pag%C3%B3%20m%C3%A1s%20de%205,800%20millones%20de%20pesos%20en%202023%20por%20atenci%C3%B3n%20de%20casos%20de%20c%C3%A1ncer.%20La%20detecci%C3%B3n%20temprana%20es%20fundamental%20para%20reducir%20el%20riesgo%20de%20mortalidad..pdf>
- Gobierno de Jalisco (2020). Encabeza Alfaro Macro Excursión por Río Santiago, solicita apoyo del Gobierno Federal para revisar industrias de la zona y da a conocer las obras de inversión en la zona. <https://www.jalisco.gob.mx/es/prensa/noticias/101103>
- Gobierno de México (2016). *Límite municipal 2012 en shp del Estado de Jalisco*. <https://datos.gob.mx/busca/dataset/mapa-general-de-jalisco-2012-limite-municipal/resource/981b857c-0c8e-489a-bb61-2d102a795c86>

- Goeminne, G., y Paredis, E. (2009). The concept of ecological debt: some steps towards an enriched sustainability paradigm. *Environment Development and Sustainability*, 12(5), 691-712. <http://dx.doi.org/10.1007/s10668-009-9219-y>
- Gómez-Baggethun, E., de Groot, R., Lomas, P. L. y Montes, C. (2010). The history of ecosystem services in economic theory and practice: From early notions to markets and payment schemes. *Ecological Economics* 69(6), 1209-1218. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2009.11.007>
- González-Arévalo, A. L. (2019). La contaminación del Río Santiago Grande por factores industriales, ubicado en la región centro norte. En S. de la Vega, R. E. Rózga y G. Hoyos (Coords.), *Desigualdad socio-espacial, innovación tecnológica y procesos urbanos* (561-575). UNAM y AMCDR A.C. <https://ru.iiec.unam.mx/4774/>
- Goodey, J., y Kelly, J. (1967). Social and economic effects of regular dialysis. *The Lancet* 290(7507), 147-148. [https://doi.org/10.1016/s0140-6736\(67\)92982-0](https://doi.org/10.1016/s0140-6736(67)92982-0)
- Greenstone, M. (2002). The Impacts of Environmental Regulations on Industrial Activity: Evidence from the 1970 and 1977 Clean Air Act Amendments and the Census of Manufactures. *Journal of Political Economy* 110(6), 1175-1219. <https://ideas.repec.org/a/ucp/jpolrec/v110y2002i6p1175-1219.html>
- Guardiola, A. E. (2017). Convergencias de la investigación acción participativa y el pensamiento complejo. *Investigación & Desarrollo* 25(1), 192-223. <https://www.redalyc.org/pdf/268/268523000008.pdf>
- Guasch, Ó. (1996). *Observación Participante*. Centro de Investigaciones Sociológicas.
- Guber, R. (2004). *El salvaje metropolitano. Reconstrucción del conocimiento social en el trabajo de campo*. PAIDÓS. <http://www.derechoshumanos.unlp.edu.ar/assets/files/documentos/el-salvaje-metropolitano.pdf>
- Hermosillo, L. (2023). Necesidad de replantear la jurisdicción ambiental en México. *Derecho global. Estudios sobre derecho y justicia* 8(24), 15-45. <https://doi.org/10.32870/dgedj.v8i24.395>
- Hernández, A. (2024, abril 16). Cáncer es el padecimiento más costoso en México, se encarece 24%: AXA. *El Universal*. <https://www.eluniversal.com.mx/cartera/cancer-es-el-padecimiento-mas-costoso-en-mexico-se-encarece-24-axa/>
- Hernández, S. (2008, febrero 4). Enferma zona agrícola agua contaminada. *Verdebandera Periodismo Ambiental*. <https://verdebandera.mx/enferma-zona-agricola-agua-contaminada/>
- Hernández-Borbolla, Manuel (2020, enero 23). La historia de cómo México dejó que los niños bebieran desechos de Honda, Nestlé y Hershey's. *Sin Embargo*. <https://www.sinembargo.mx/23-01-2020/3717701>
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI) (2017). *Geografía y medio ambiente. Uso de suelo y vegetación*. <https://www.inegi.org.mx/temas/usosuelo/>
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI) (2019). *Censos Económicos. Sistema Automatizado de Información Censal*. <https://www.inegi.org.mx/app/saic/default.html>

- Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI) (2020). *Censos de Población y Vivienda 1980, 1990, 2000, 2010 y 2020*. <https://www.inegi.org.mx/programas/ccpv/2020/>
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI) (2023). *Producto interno bruto por entidad federativa (PIBE)*, Jalisco. https://www.inegi.org.mx/contenidos/saladeprensa/boletines/2024/PIBEF/PIBEF2023_JaI.pdf
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI) (2024). *Estadísticas de salud en establecimientos particulares*. https://www.inegi.org.mx/sistemas/olap/proyectos/bd/continuas/salud/mobhospital.asp?s=est&c=33422&proy=esep_mobhospit
- Instituto Mexicano de Tecnología del Agua (IMTA) (2011). *Actualización del estudio de calidad del agua del río Santiago (desde su nacimiento en el lago de Chapala, hasta la presa Santa Rosa)*. CEA Jalisco. https://web.archive.org/web/20151231152641/http://hazalgo.org/descargas/estudio_completo_imta.zip
- International Agency for Research on Cancer (IARC) (2018). *Benzene. IARC Monographs on the Identification of Carcinogenic Hazards to Humans*. <https://publications.iarc.fr/Book-And-Report-Series/Iarc-Monographs-On-The-Identification-Of-Carcinogenic-Hazards-To-Humans/Benzene-2018>
- Jansson, A. M. (1984). *Integration of Economy and Ecology: An 153roblem for the Eighties: Proceedings from the Wallenberg Symposia*. Askö Laboratory, University of Stockholm.
- Järup, L., y Akesson, A. (2009). Current status of cadmium as an environmental health 153roblema. *Toxicology and applied pharmacology*, 238(3), 201-208. <https://doi.org/10.1016/j.taap.2009.04.020>
- Johri, N., Jacquillet, G., y Unwin, R. (2010). Heavy metal poisoning: the effects of cadmium on the kidney. *Biometals: an international journal on the role of metal ions in biology, biochemistry, and medicine*, 23(5), 783-792. <https://doi.org/10.1007/s10534-010-9328-y>
- Kallio, H., Pietilä, A. M., Johnson, M., y Kangasniemi, M. (2016). Systematic methodological review: Developing a framework for a qualitative semi-structured interview guide. *Journal of Advanced Nursing*, 72(12), 2954–2965. <https://doi.org/10.1111/jan.13031>
- Kindon, S., Pain, R., y Kesby, M. (2007). *Participatory Action Research Approaches and Methods: Connecting People, Participation and Place*. Routledge.
- Kutner, M. H., Nachtsheim, C. J., Neter, J., Li, W. (2005). *Applied linear statistical models*. McGraw-Hill. https://users.stat.ufl.edu/~winner/sta4211/ALSM_5Ed_Kutner.pdf
- Kvale, S., y Brinkmann, S. (2009). *Interviews: Learning the craft of qualitative research interviewing*. Sage.
- Langellotto, G. A. (2014). What Are the Economic Costs and Benefits of Home Vegetable Gardens? *The Journal of Extension* 52(2), Artículo 14. <https://doi.org/10.34068/joe.52.02.14>
- Langellotto, G. A., y Gupta, A. (2012). Gardening Increases Vegetable Consumption in School-aged Children: A Meta-analytical Synthesis. *HortTechnology hortte* 22(4), 430-445. <https://doi.org/10.21273/HORTTECH.22.4.430>

- Leff, E. (2004). *Racionalidad ambiental: La reapropiación social de la naturaleza*. Siglo XXI Editores.
- Li, S. J., Zhang, S. H., Chen, H. P., Zeng, C. H., Zheng, C. X., Li, L. S., y Liu, Z. H. (2010). Mercury-induced membranous nephropathy: clinical and pathological features. *Clinical journal of the American Society of Nephrology: CJASN*, 5(3), 439-444. <https://doi.org/10.2215/CJN.07571009>
- Loera, M. E. (2018, 11 de noviembre). Investigadores detectan anomalías celulares en personas que viven cerca del Río Santiago. *Universidad de Guadalajara*. <https://udg.mx/es/noticia/investigadores-detectan-anomalias-celulares-personas-viven-cerca-rio-santiago>
- López-Ardao, A. (2023). *La sostenibilidad ambiental social y económica en la industria de la moda* [Tesis de pregrado, Universidade da Coruña]. Repositorio da UDC. https://ruc.udc.es/dspace/bitstream/handle/2183/34491/LopezArdao_Anxo_TFG_2023.pdf;jsessionid=41A2F7D9BE6B21FAC7E24E34D246AFE9?sequence=2
- Macías, J. E. (2013). Políticas para el manejo de la escasez del agua y su uso en la agricultura. En S. Peniche, M. G. Romero, J. H. Cortés, F. González, M. Guzmán, E. Macías y G. Zavala (Coords.), *Gobernanza del agua en las ciudades* (pp. 195-220). Universidad de Guadalajara.
- Maciel, R., Peña, L., Guzmán, M., Peniche, S. y Michel, H. (2009). Impactos ambientales y alternativas de solución en el río Grande de Santiago, Jalisco. En S. Peniche y M. Guzmán (Comps.), *Estudios de la cuenca del río Santiago. Un enfoque multidisciplinario* (pp. 13-37). Editorial Páramo. <https://www.eumed.net/libros-gratis/2010f/859/859.pdf>
- Martín, C. (2010). *El derecho a la reparación en los conflictos socioambientales. Experiencias, aprendizajes y desafíos prácticos*. Instituto Hegoa – UPV/EHU.
- Martínez-Alier, J. (2002). *The Environmentalism of the Poor. A Study of Ecological Conflicts and Valuation*. Edward Elgar Publishing.
- Martínez-Alier, J. (2011). La justicia ambiental y el decrecimiento económico. Una alianza entre dos movimientos. *Ecología Política*, 41, 45-54. https://www.ecologiapolitica.info/wp-content/uploads/2016/02/041_Martinez_2011.pdf
- Martínez-Alier, J., Munda, G. y O'Neill, J. (1998). Weak comparability of values as a foundation for ecological economics. *Ecological Economics* 26(3), 277-286. [https://doi.org/10.1016/S0921-8009\(97\)00120-1](https://doi.org/10.1016/S0921-8009(97)00120-1)
- Martínez-Alier, J., Healy, H., Temper, L., Walter, M., Rodriguez-Labajos, B., Gerber, J. F. y Conde, M. (2011). Between science and activism: Learning and teaching ecological economics with environmental justice organizations. *Local Environment*, 16(1), 17-36. <https://doi.org/10.1080/13549839.2010.544297>
- Martínez-Alier, J., y Muradian, R. (2015). *Handbook of Ecological Economics*. Edward Elgar Publishing. <https://doi.org/10.4337/9781783471416>
- Martínez-Alier, J. y Røpke, I. (2008). *Recent Developments in Ecological Economics*. Edward Elgar Publishing.

- Martínez-González, P. y Hernández, E. (2009). Impactos de la contaminación del Río Santiago en el bienestar de los habitantes de El Salto, Jalisco. *Espacio Abierto* 18(4), 709-729. <https://www.redalyc.org/pdf/122/12211871006.pdf>
- McClintock, T. R., Chen, Y., Bundschuh, J., Oliver, J. T., Navoni, J., Olmos, V., Lepori, E. V., Ahsan, H., y Parvez, F. (2012). Arsenic exposure in Latin America: biomarkers, risk assessments and related health effects. *The Science of the total environment*, 429, 76-91. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2011.08.051>
- McCulligh, C. (2013). La no regulación ambiental: contaminación industrial del río Santiago en Jalisco. *Observatorio del Desarrollo* 2(7), 22-29. <https://estudiosdeldesarrollo.mx/observatoriodeldesarrollo/wp-content/uploads/2019/05/OD7-5.pdf>
- McCulligh, C. (2017). *Alcantarilla del progreso: Industria y estado en la contaminación del río Santiago en Jalisco* [Tesis de doctorado, Centro de Investigaciones y Estudios Superiores en Antropología Social] CIESAS Repositorio. <https://ciesas.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1015/470/1/TE%20M.D.%202017%20Cindi%20Claudia%20McCulligh%20Deblasi.pdf>
- McCulligh, C. (2023). *Sewer of Progress: Corporations, Institutionalized Corruption, and the Struggle for the Santiago River*. The MIT Press.
- McCulligh, C. (2024). Racionalizar la acumulación en una zona de sacrificio urbano-industrial: nearshoring y otras contradicciones de “revivir” el río Santiago, México. *Bajo el Volcán. Revista del Posgrado de Sociología. BUAP*, (11), 238-279. <https://doi.org/10.32399/ICSYH.bvbuap.2954-4300.2024.6.11>
- McCulligh, C., Tetreault, D. y Martínez González, P. (2012). Conflicto y contaminación: El movimiento socioecológico en torno al río Santiago. En H. Ochoa y H. J. Bürkner. (Coords), *Gobernanza y gestión del agua en el Occidente de México: La metrópoli de Guadalajara* (pp. 129-172). ITESO. https://www.academia.edu/es/71716468/Gobernanza_y_gesti%C3%B3n_del_agua_en_el_Occidente_de_M%C3%A9xico_la_metr%C3%B3poli_de_Guadalajara
- Meynen, N. (2009). Environmental Justice and Ecological Debt in Belgium: The UMICORE case. VODO, ULB. <https://ceecec.net/wp-content/uploads/2008/10/VODO-Ecological-Debt-in-Belgium2.pdf>
- Meléndez, V. (2021, julio 1). Maíz, trigo y avena ¡con coliformes fecales! *Observatorio de Conflictos Socioambientales Jalisco*. <https://labcsa.org/2021/07/01/maiz-trigo-y-avena-con-coliformes-fecales/>
- Monsalve, M. M. (2024, septiembre 9). Colombia rompe el récord histórico como el país más letal para defensores de la tierra y el ambiente. *El País*. <https://elpais.com/america-futura/2024-09-09/colombia-rompe-el-record-historico-como-el-pais-mas-letal-para-defensores-de-la-tierra-y-el-ambiente.html>
- Montes P. Y., Aguilar, N., Ávila, R., Macbani, P., Raygoza, M., Garnica, B., Reynoso, J. y Ruvalcaba, J. C. (2021). Contaminación del Río Santiago: Un problema epidemiológico ambiental persistente de Salud Pública en Jalisco, México. *JONNPR* 6(9), 1222-1236. <https://scielo.isciii.es/pdf/jonnpr/v6n9/2529-850X-jonnpr-6-09-1222.pdf>

- Montgomery, D. C., Peck, E. A., y Vining, G. G. (2021). *Introduction to linear regression analysis*. Wiley.
- Morales, C., Pérez, R., Riffo, L. y Williner, A. (2020). *Desarrollo territorial sostenible y nuevas ciudadanías: consideraciones sobre políticas públicas para un mundo en transformación*. Documentos de Proyectos (LC/TS.2020/180), CEPAL. <https://repositorio.cepal.org/server/api/core/bitstreams/59e0c82b-1619-493b-b91e-761dd4da6dbc/content>
- Morin, E. (2005). *Introducción al pensamiento complejo*. Gedisa.
- Mural (2024). Truena CONAGUA al Río Santiago: está en situación crítica. <https://www.mural.com.mx/truena-conagua-al-rio-santiago-esta-en-situacion-critica/ar2893491>
- Naciones Unidas (1966). *Pacto Internacional de Derechos Económicos, Sociales y Culturales*. <https://www.ohchr.org/es/instruments-mechanisms/instruments/international-covenant-economic-social-and-cultural-rights>
- Naciones Unidas (2011). *Puesta en práctica del marco de las Naciones Unidas para “proteger, respetar y remediar”*. https://www.ohchr.org/sites/default/files/documents/publications/guidingprinciplesbusinesshr_sp.pdf
- Negrin, J., Aular, Y., Fernández, Y., Piñero, S. y Romero, G. (2014). Ácido trans, trans-mucónico y perfil hepático, hematológico y renal en trabajadores expuestos a benceno. *Salud de los Trabajadores*, 22(2), 121-128. <https://ve.scielo.org/pdf/st/v22n2/art03.pdf>
- Nestlé (2025). Presidenta Claudia Sheinbaum y Nestlé México anuncian inversión de 1,000 millones de dólares en el país. <https://www.nestle.com.mx/media/pressreleases/nestle-mexico-anuncia-inversion>
- Nordberg G. F. (2004). Cadmium and health in the 21st century--historical remarks and trends for the future. *Biomaterials : an international journal on the role of metal ions in biology, biochemistry, and medicine*, 17(5), 485-489. <https://doi.org/10.1023/b:biom.0000045726.75367.85>
- Odum, H. T. (1971). *Environment, Power and Society*. Wiley.
- Organizaciones comunitarias de la Cuenca (2022, octubre 26). *Pronunciamiento URGENTE UN CAMBIO DE RUMBO EN LA ATENCIÓN AL RÍO SANTIAGO Y SALUD DE LA POBLACIÓN COMO ESTADO MEXICANO: COMUNIDADES AFECTADAS, ORGANIZACIONES Y CIENTÍFICOS COMPROMETIDOS*. <https://drive.google.com/file/d/1v8APZzGotV7ScyARrIAwXkkQcWOEY5al/view?fbclid=IwAR2rysetxZeKdGVDI8ShcG1xxVxsb2MhC6hdFZ4szYvBNvXHaOcOaDO0Hhk>
- Pamphlett, R., Satgunaseelan, L., Kum Jew, S., Doble, P.A. y Bishop, D.P. (2020a). Elemental bioimaging shows mercury and other toxic metals in normal breast tissue and in breast cancers. *PLoS ONE* 15(1). <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0228226>
- Pamphlett, R., Colebatch, A.J., Doble, P.A. y Bishop, D.P. (2020b). Mercury in Pancreatic Cells of People with and without Pancreatic Cancer. *Int. J. Environ. Res. Public Health*. *Int. J. Environ. Res. Public Health* 17(23). <https://doi.org/10.3390/ijerph17238990>
- Paredis, E. (2011). Sustainability Transitions and the Nature of Technology. *Found Sci* 16, 195-225. <https://doi.org/10.1007/s10699-010-9197-4>

- Paredis, E., Goeminne, G., Vanhove, W., Maes, F. y Lambrecht, J. (2008). *The concept of ecological debt: Its meaning and applicability in international policy*. Academia Press, https://www.researchgate.net/publication/292320194_The_Concept_of_Ecological_Debt_its_Meaning_and_Applicability_in_International_Policy
- Patton, M. Q. (2015). *Qualitative Research & Evaluation Methods*. Sage.
- Pearson, D. A., Stranova, T. J., y Thompson, J. D. (1976). Patient and Program Costs Associated with Chronic Hemodialysis Care. *Inquiry* 13(1), 23-28. <http://www.jstor.org/stable/29770974>
- Pellow, D. (2017). *What is Critical Environmental Justice?*. Polity Press.
- Peniche Camps, S. y Guzmán Arroyo, M. (2009). *Estudios de la cuenca del río Santiago. Un enfoque multidisciplinario*. Editorial Páramo. <https://www.eumed.net/libros-gratis/2010f/859/859.pdf>
- Peniche Camps, S. y Guzmán Arroyo, M. (2018). Gobernanza ambiental en México y los impactos de la aplicación de los instrumentos de gestión ambiental: el caso de la cuenca alta del río Santiago. *Expresión Económica* (41), 119-128. <https://expresioneconomica.cucea.udg.mx/index.php/eera/article/view/898>
- Perfil (2022, noviembre 17). Qatar 2022: cuánto costaron los 8 estadios del Mundial. <https://www.perfil.com/noticias/economia/qatar-2022-cuanto-costaron-8-estadios-mundial-2022.phtml>
- Pineda, I. y Maceda, S. (2024, noviembre 6). ¿Qué podría hacer el gobierno mexicano con 13 mil millones de pesos? El presupuesto para las elecciones del poder judicial. *TV Azteca*. <https://www.tvazteca.com/aztecanoticias/en-que-piden-los-ciudadanos-que-se-inviertan-13-mil-millones-pesos-el-presupuesto>
- Ponce Nava, D. L. (2012). Procuración y acceso a la justicia ambiental y territorial en México. *Instituto de Investigaciones Jurídicas, UNAM* (6), 111-124. <https://archivos.juridicas.unam.mx/www/bjv/libros/7/3053/11.pdf>
- Prado, C., Colectivo Salud y Justicia Ambiental y Red de Ciudadanos para el Mejoramiento de las Comunidades (2021). Border Environmental Justice PPGIS: Community-Based Mapping and Public Participation in Eastern Tijuana, México. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 18(3), 1349. <https://doi.org/10.3390/ijerph18031349>
- Presidencia de la República (2025). Presidenta Claudia Sheinbaum anuncia inversión de Nestlé de mil MDD como parte del Plan México. <https://www.gob.mx/presidencia/prensa/presidenta-claudia-sheinbaum-anuncia-inversion-de-nestle-de-mil-mdd-como-parte-del-plan-mexico?idiom=en>
- Ramírez-Guevara, Galindo-Mendoza, M. G. y Contreras-Servín, C. (2015). Justicia ambiental. Entre la utopía y la realidad social. *Culturales* 3(1), 225-250. https://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S1870-11912015000100008&script=sci_arttext&utm
- Reason, P., y Bradbury, H. (2008). *The SAGE Handbook of Action Research: Participative Inquiry and Practice*. SAGE Publications. <https://www.daneshnamehicsa.ir/userfiles/files/1/9-%20The%20SAGE%20Handbook%20of%20Action%20Research%20Participative%20Inquiry%20and%20Practice.pdf>

- Rengel, C. (2024, diciembre 30). 2025, el año de las tres pes: personalismo, proteccionismo y polarización en el mundo. *HuffPost*. <https://www.huffingtonpost.es/global/2025-ano-tres-pes-personalismo-proteccionismo-polarizacion>
- Reza, Gloria (2020, febrero 5). Hershey's, Nestlé y Honda, entre las 29 empresas que contaminan el río Santiago. *Proceso*. <https://www.proceso.com.mx/nacional/estados/2020/2/5/hersheys-nestle-honda-entre-las-29-empresas-que-contaminan-el-rio-santiago-238130.html>
- Riojas-Rodríguez, H., Schilmann, A., López-Carrillo, L. y Finkelman, J. (2013). La salud ambiental en México: situación actual y perspectivas futuras. *Salud Pública de México* 55(6), 638-649. <https://www.scielo.org.mx/pdf/spm/v55n6/v55n6a13.pdf>
- Robbins, P. (2012). *Political Ecology: A Critical Introduction*. Wiley-Blackwell.
- Rodríguez, E. J. (2016). Flint: cuando los políticos envenenan el agua. *Jot Down*. <https://www.jotdown.es/2016/01/flint-cuando-los-politicos-envenenan-agua/>
- Rodríguez-Gómez, G., Gil-Flores, J. y García, E. (1996). *Metodología de la investigación cualitativa*. ALJIBE.
- Røpke, I., (2004). The early history of modern ecological economics. *Ecological Economics*, 50(3-4), 293-314. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2004.02.012>
- Rubin, H. J., y Rubin, I. S. (2012). *Qualitative interviewing: The art of hearing data*. Sage.
- Saavedra, V. (2023, febrero 13). Dos mil fallecidos y cientos de enfermos por contaminación del Río Santiago. *El Occidental*. <https://www.eloccidental.com.mx/local/dos-mil-fallecidos-y-cientos-de-enfermos-por-contaminacion-del-rio-santiago-9611836.html>
- Sabath, E. y Robles-Osorio, M. L. (2012). Medio ambiente y riñón: nefrotoxicidad por metales pesados. *Nefrología* 32(3), 275-418. <https://www.revistanefrologia.com/es-medio-ambiente-rinon-nefrotoxicidad-por-articulo-X0211699512001359>
- Saldaña, J. (2021). *The Coding Manual for Qualitative Researchers*. SAGE Publications.
- Salnikow, K. y Zhitkovich, A. (2008). Genetic and Epigenetic Mechanisms in Metal Carcinogenesis and Cocarcinogenesis: Nickel, Arsenic, and Chromium. *Chem. Res. Toxicol.* 21(1), 28-44. <https://doi.org/10.1021/tx700198a>
- Schlosberg, D. (2007). *Defining Environmental Justice: Theories, Movements, and Nature*. Oxford University Press. <https://doi.org/10.1093/acprof:oso/9780199286294.001.0001>
- Schreiner, G. E. y Maher, J. F. (1965). Hemodialysis for Chronic Renal Failure: III. Medical, Moral and Ethical, and Socio-economic Problems. *Annals of Internal Medicine* 62(3), 551-557. <https://doi.org/10.7326/0003-4819-62-3-551>
- Secretaría de Desarrollo Agrario, Territorial y Urbano (SEDATU), Consejo Nacional de Población (CONAPO) e Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI) (2020). *Metrópolis de México 2020*. Gobierno de México. https://www.gob.mx/cms/uploads/sedatu/MM2020_19102023.pdf
- Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT) (2017). *E Estrategias y políticas públicas para enfrentar el cambio climático y proteger la biodiversidad*. <https://www.gob.mx/semarnat/documentos/estrategias-y-politicas-publicas-para-enfrentar-el-cambio-climatico-y-proteger-la-biodiversidad?utm>

- Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT) (2020). *El Promarnat 2020-2024 innova la política ambiental con esquemas adecuados a los actuales retos del sector*. <https://www.gob.mx/semarnat/prensa/el-promarnat-2020-2024-innova-la-politica-ambiental-con-esquemas-adecuados-a-los-actuales-retos-del-sector?idiom=es&utm>
- Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT) (2024). *Registro de Emisiones y Transferencias de Contaminantes (RETC) 2004-2022*. <http://sinat.semarnat.gob.mx/retc/retc/index.php>
- Secretaría de Salud (2023, septiembre 16). *Prensa 294. México registra al año más de 195 mil casos de cáncer: Secretaría de Salud*. <https://www.gob.mx/salud/prensa/294-mexico-registra-al-ano-mas-de-195-mil-casos-de-cancer-secretaria-de-salud#:~:text=En%20M%C3%A9xico%20se%20diagnostican%20cada,de%20Salud%20C%20Brenda%20Acosta%20Maldonado>.
- Seelig, M. G. (1947). Compensation in one trauma cancer. *Missouri medicine* 44(1), 27–32.
- Sepúlveda, L. (2023). *Padece 11 por ciento de población mexicana enfermedad renal crónica*. <https://hcg.gob.mx/hcg/boletin/1316>
- Silbergeld, E. K., Waalkes, M., y Rice, J. M. (2000). Lead as a carcinogen: experimental evidence and mechanisms of action. *American journal of industrial medicine*, 38(3), 316–323. [https://doi.org/10.1002/1097-0274\(200009\)38:3<316::aid-ajim11>3.0.co;2-p](https://doi.org/10.1002/1097-0274(200009)38:3<316::aid-ajim11>3.0.co;2-p)
- Simms, A. (2005). *Ecological debt. The health of the planet and the wealth of nations*. Pluto Press.
- Smith, A. H., Shearn, V. I., y Wood, R. (1989). Asbestos and kidney cancer: the evidence supports a causal association. *American journal of industrial medicine*, 16(2), 159-166. <https://doi.org/10.1002/ajim.4700160207>
- Smith, A. H., Lingas, E. O., y Rahman, M. (2000). Contamination of drinking-water by arsenic in Bangladesh: a public health emergency. *Bulletin of the World Health Organization*, 78(9), 1093-1103. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/11019458/>
- Smith, M. T. (2010). Advances in understanding benzene health effects and susceptibility. *Annual Review of Public Health*, 31, 133-148. <https://doi.org/10.1146/annurev.publhealth.012809.103646>
- Srinivasan, U. T., Carey, S. P., Hallsteind, E., Higgins, P. A. T., Kerr, A. C., Koteen, L. E., Smith, A. B., Watson, R., Harte, J., Norgaard, R. B. (2008). The debt of nations and the distribution of ecological impacts from human activities. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the USA*, 105,(5), 1768-1773. <https://doi.org/10.1073%2Fpnas.0709562104>
- Statista (2023). *Producto interno bruto en América Latina y el Caribe en 2023, por país*. <https://es.statista.com/estadisticas/1065726/pib-por-paises-america-latina-y-caribe/>
- Stirling, A. (2006). *From Science and Society to Science in Society: Towards a Framework for Cooperative Research*. SPRU – science and technology policy research, University of Sussex. https://www.researchgate.net/publication/263917174_From_science_AND_society_to_s_cience_IN_society_towards_a_framework_for_'co-operative_research'
- Suárez, K. (2024, septiembre 20). México pierde el caso contra la minera submarina Odyssey Marine y deberá pagarle más de 37 millones de dólares. *El País*. <https://elpais.com/mexico/economia/2024-09-20/mexico-pierde-el-caso-contra-la->

[minera-submarina-odyssey-marine-y-debera-pagarle-mas-de-37-millones-de-dolares.html](#)

- Swenberg, J. A., Moeller, B. C., Lu, K., Rager, J. E., Fry, R. C., y Starr, T. B. (2012). Formaldehyde carcinogenicity research: 30 years and counting for mode of action, epidemiology, and cancer risk assessment. *Toxicologic Pathology*, 41(2), 181-189. <https://doi.org/10.1177/0192623312466459>
- Tang, X., Bai, Y., Duong, A., Smith, M. T., Li, L., y Zhang, L. (2009). Formaldehyde in China: Production, consumption, exposure levels, and health effects. *Environment International*, 35(8), 1210-1224. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2009.06.002>
- Tetreault, D. y McCulligh, C. (2018). Water Grabbing via Institutionalised Corruption in Zacatecas, Mexico. *Water Alternatives*, 11(3): 572-591. <https://www.water-alternatives.org/index.php/alldoc/articles/vol11/v11issue3/454-a11-3-7/file>
- The Economist (2009, mayo 21). *Justice or extortion?* <https://www.economist.com/the-americas/2009/05/21/justice-or-extortion>
- The Global Economy (2023). *GDP, constant dollars - Country rankings*. https://www.theglobaleconomy.com/rankings/GDP_constant_dollars/
- Tiburcio Sánchez, A. (2023). Análisis de observatorios ambientales en Latinoamérica de habla española y portuguesa: una revisión sistemática. *Investigaciones Geográficas*, (112). <https://doi.org/10.14350/riq.60775>
- Toral, J. (2022, enero 17). El agua contaminada vuelve a la ciudad en productos agrícolas. *La Cascada*. <https://www.cascadanoticias.com/noticias/medio-ambiente/ecologia/el-agua-contaminada-vuelve-a-la-ciudad-en-productos-agricolas>
- Torres, L., Aular, Y. y Fernández, Y. (2018). Benceno urinario, estrés oxidativo, perfil hematológico, hepático y renal en trabajadores de estaciones de servicio. *Revista Academia* 16(38), 57-68. <https://www.academia.edu/124817571>
- UDGTV (2024). Río Santiago en situación crítica. <https://udgtv.com/podcast/guadalajara/diario-revista-informativa/rio-santiago-en-situacion-critica---diario---octubre-21-2024/244445>
- Un Salto de Vida (USV) (2020). La cuenca Chapala-Santiago como zona de sacrificio. *La Jornada del Campo*, (158), 8.
- United States Environmental Protection Agency (EPA) (2007). *Cost of Illness Handbook*. <https://nepis.epa.gov/Exe/ZyPDF.cgi/901A0E00.PDF?Dockey=901A0E00.PDF>
- United States Environmental Protection Agency (EPA) (2022). *Environmental Justice*. <https://www.epa.gov/environmentaljustice>
- Universidad Autónoma de San Luis Potosí (UASLP) (2010). *Propuesta metodológica para la implantación de una batería de indicadores de salud que favorezcan el establecimiento de programas de diagnóstico, intervención y vigilancia epidemiológica en las poblaciones ubicadas en la zona de influencia del proyecto de la presa Arcediano en el estado de Jalisco*. Comisión Estatal de Agua de Jalisco. [https://transparencia.info.jalisco.gob.mx/sites/default/files/u531/INFORME%20FINAL%20ARCEDIANO CEA UEAS JALISCO 2011 1%20-%20copia opt.pdf](https://transparencia.info.jalisco.gob.mx/sites/default/files/u531/INFORME%20FINAL%20ARCEDIANO%20CEA%20UEAS%20JALISCO%202011%20-%20copia%20opt.pdf)
- Villarreal-Ríos, E., Palacios-Mateos, A. F., Galicia-Rodríguez, L., Vargas-Daza, E. R., Baca-Moreno, C. y Lugo-Rodríguez, A. (2020). Costo institucional del paciente con enfermedad

- renal crónica manejada con hemodiálisis. *Revista Médica del IMSS*, 58(6), 698-708.
<https://www.redalyc.org/journal/4577/457769357009/html/>
- Walker, G. (2012). *Environmental Justice: Concepts, Evidence and Politics*. Routledge.
- Warlenius, R., Pierce, G. y Ramasar, V. (2015). Reversing the arrow of arrears: The concept of “ecological debt” and its value for environmental justice. *Global Environmental Change* (30), 213-224. <https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2014.10.014>
- Wooldridge, J. M. (2020). *Introductory econometrics: A modern approach*. Cengage.
- WORKMEN'S compensation acts: Aggravation of cancer by steel dust inhalation as compensable injury. (1951). *Journal of the American Medical Association* 147(8), 778.
- Yang, S. y Yao, J. (2021). Linear regression under model uncertainty. *arXiv*, 1-31.
<https://doi.org/10.48550/arXiv.2108.02140>

13. Anexos

Anexo 1. Entrevista semiestructurada

**Universidad Autónoma Metropolitana
Maestría en Sociedades Sustentables**

***Proyecto de investigación: Justicia ambiental y deuda socioecológica
en la Zona de Sacrificio del Río Santiago***

Objetivo: Explorar las percepciones, experiencias y opiniones de los habitantes de la Zona de Sacrificio del Río Santiago (ZSRS) afectados por enfermedades crónicas, como el cáncer y la insuficiencia renal, en relación con la viabilidad de reparación por daños a la salud y al ambiente, la medición de la deuda socioecológica y la responsabilidad de las empresas.

I. DATOS GENERALES

1. Nombre (opcional):

2. Edad:

3. Sexo:

- Femenino
- Masculino
- Prefiero no decir

4. Municipio de residencia:

5. Tiempo viviendo en esta región (años):

- Menos de 5 años
- Entre 5 y 10 años
- Entre 10 y 20 años
- Más de 20 años

6. Ocupación actual:

- Agricultura
- Industria

- Comercio
- Servicios
- Desempleado
- Otros (especificar):

II. DAÑOS A LA SALUD Y COMPENSACIÓN MONETARIA

**7. ¿Ha sido diagnosticado/a con alguna de las siguientes enfermedades?
(Puede seleccionar más de una opción)**

- Cáncer:
- Insuficiencia renal:
- Otra enfermedad crónica (especificar):

8. ¿Cree que su enfermedad está relacionada directamente con la contaminación ambiental de la región?

- Sí, definitivamente
- Probablemente sí
- No estoy seguro/a
- Probablemente no
- No, no están relacionadas

9. ¿De qué forma han afectado los cambios en la calidad del agua, aire o suelo a su vida diaria y la de su familia, especialmente en relación con su enfermedad?

10. ¿Cuánto dinero estima que ha gastado en el tratamiento de su enfermedad?

11. En su opinión, ¿es viable que las empresas compensen monetariamente a las comunidades afectadas por los daños a la salud y al ambiente?

- Sí, es una solución justa
- Sí, pero debe ser acompañado de otras medidas
- No, no es suficiente
- No estoy seguro/a

12. Además de la compensación monetaria, ¿de qué otras maneras cree que las empresas deberían asumir su responsabilidad? (Puede elegir más de una opción)

- Tratamiento médico gratuito
- Proyectos de saneamiento ambiental
- Inversión en infraestructura comunitaria (escuelas, hospitales, etc.)
- Creación de empleos sostenibles
- Otro (especificar):

III. DEUDA DE LAS EMPRESAS CON LA COMUNIDAD

13. ¿Cree que las empresas que operan en la región están en deuda con la comunidad por los beneficios que obtienen?

- Sí
- No
- No estoy seguro/a
- ¿Por qué? (respuesta abierta)

14. ¿Considera que el daño ambiental y a la salud causado por las actividades de las empresas se compensa con los empleos generados o las obras realizadas por estas en la comunidad?

- Sí, se compensa adecuadamente
- No, no es suficiente
- No estoy seguro/a
- ¿Por qué? (respuesta abierta)

15. ¿Cree que debería existir un mecanismo que obligue a las empresas a compensar a la comunidad si sus actividades causan daños persistentes, como problemas de salud o deterioro ambiental?

- Sí
- No
- No estoy seguro/a
- ¿Por qué? (respuesta abierta)

16. ¿Cuál considera que es la mejor manera de evaluar el impacto ambiental y a la salud causado por las empresas en la comunidad?

- A través de los costos médicos y tratamientos para enfermedades
- Evaluando la pérdida en la calidad de vida de las personas
- Mediante la valoración de la pérdida de biodiversidad y de los recursos naturales
- Combinando todas las opciones anteriores
- Otro (especificar): _____

17. ¿Considera que los costos asociados a enfermedades como el cáncer o la insuficiencia renal deberían incluirse en el cálculo de la deuda que las empresas tienen con la comunidad?

- Sí
- No
- No estoy seguro/a

18. ¿Qué otros tipos de costos o daños cree que deberían considerarse para calcular la deuda de las empresas con la comunidad?

IV. LEYES Y OBLIGACIONES DE LAS EMPRESAS

19. ¿Cree que en México existen suficientes leyes para obligar a las empresas a hacerse responsables de los daños ambientales y a la salud causados en la comunidad?

- Sí, existen suficientes leyes
- No, faltan leyes o regulaciones más estrictas
- No estoy seguro/a

20. En su opinión, ¿qué medidas deberían imponerse a las empresas que han causado daños en la comunidad? (Puede elegir más de una opción)

- Multas económicas
- Compensación directa a las comunidades afectadas
- Financiamiento en proyectos de restauración ambiental
- Suspensión de actividades en caso de incumplimiento
- Otro (especificar): _____

21. ¿De qué manera cree que la comunidad podría defender mejor sus derechos ambientales y de salud?

V. EXPECTATIVAS Y PROPUESTAS PARA LA REPARACIÓN DEL DAÑO AMBIENTAL

22. ¿Qué medidas considera urgentes para mejorar las condiciones de salud y ambiente en su comunidad?

- Limpieza y restauración de ríos y suelos contaminados
- Acceso a tratamiento médico especializado
- Monitoreo de la calidad del aire y del agua
- Programas de educación y sensibilización ambiental
- Otro (especificar):

23. ¿Cree que la comunidad debería tener un papel más activo en la toma de decisiones sobre temas ambientales en la región?

- Sí, la participación de la comunidad es necesaria
- No, deberían ser responsabilidad de expertos y autoridades
- No estoy seguro/a

24. Si tuviera la oportunidad de enviar un mensaje a las empresas responsables de la contaminación y a las autoridades gubernamentales, ¿qué les diría?

¡Muchas gracias por su ayuda! Sus datos serán totalmente confidenciales.

Por favor, proporciona un medio de contacto si deseas recibir el estudio completo que se generará a partir de esta entrevista:

Teléfono, correo electrónico u otro:

Fecha de la entrevista:

Anexo 2. Diario de Campo

Fecha:

Lugar:

Actividad: Tipo de evento (asamblea, taller, entrevista, reforestación, etc.).

Participantes: Nombre de participantes clave.

Descripción: Contexto y objetivo del encuentro. Dinámica, metodología utilizada, puntos clave discutidos.

Reflexión del investigador: ¿Cómo influyó mi presencia en la actividad? ¿Qué aprendizajes emergieron en el proceso? ¿Qué tensiones o desafíos se presentaron? ¿Cómo se vincula lo observado con los objetivos de la investigación?

Aportes de la comunidad: Opiniones, preocupaciones y propuestas expresadas por los participantes. Saberes locales compartidos y formas de interpretación de la realidad. Cambios o aprendizajes que emergen en la comunidad.

Acción y seguimiento: ¿Qué acciones concretas se derivan de la actividad? ¿Qué compromisos se generaron entre los participantes? ¿Cómo integrar estos hallazgos en las siguientes fases de la investigación?