

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES Y MATEMÁTICA
ESCUELA DE BIOLOGÍA



**“GENERACIÓN DE ACCIONES ASOCIADAS A LA RESTAURACIÓN DE
ECOSISTEMAS COSTEROS MARINOS DEL RÍO SAN LUCAS, MUNICIPIO DE
SAN DIONISIO, USULUTÁN.”**

PRESENTADO POR:

XOCHITL DE LOS ÁNGELES MORÁN CRESPIÁN

INSTITUCIÓN:

INSTITUTO DE CIENCIAS DEL MAR Y LIMNOLOGÍA (ICMARES)

**TRABAJO DE GRADO EN MODALIDAD PASANTIA DE INVESTIGACIÓN PARA
OPTAR AL TÍTULO DE:**

LICENCIADA EN BIOLOGÍA

CIUDAD UNIVERSITARIA, SAN SALVADOR CENTRO 2026

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES Y MATEMÁTICA
ESCUELA DE BIOLOGÍA

**“GENERACIÓN DE ACCIONES ASOCIADAS A LA RESTAURACIÓN DE
ECOSISTEMAS COSTEROS MARINOS DEL RÍO SAN LUCAS, MUNICIPIO DE
SAN DIONISIO, USULUTÁN.”**

PRESENTADO POR:

XOCHITL DE LOS ÁNGELES MORÁN CRESPIÁN

INSTITUCIÓN:

INSTITUTO DE CIENCIAS DEL MAR Y LIMNOLOGÍA (ICMARES)

TRABAJO DE GRADO EN MODALIDAD PASANTIA DE INVESTIGACIÓN PARA

OPTAR AL GRADO DE:

LICENCIADA EN BIOLOGÍA

DOCENTE ASESOR:

M.SC. OLGA LIDIA TEJADA DE PACHECO

ASESOR EXTERNO:

M.SC. OSCAR ARMANDO MOLINA LARA

CIUDAD UNIVERSITARIA, SAN SALVADOR CENTRO 2026

**AUTORIDADES UNIVERSITARIAS
UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR**

RECTOR

M.SC. JUAN ROSA QUINTANILLA

VICERRECTORA ACADÉMICA

DRA. EVELYN BEATRIZ FARFÁN MATA

VICERRECTOR ADMINISTRATIVO

M.SC. ROGER ARIAS

SECRETARIO GENERAL

LIC. PEDRO ROSALÍO ESCOBAR CASTANEDA

FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES Y MATEMÁTICA

DECANA

M.SC. ANGELA GUDELIA PORTILLO DE PÉREZ

VICE DECANO

DR. JOSÉ NERY FUNES TORRES

SECRETARIO

M.SC. JORGE ALBERTO VELASQUEZ REALES

DIRECTOR DE LA ESCUELA DE BIOLOGÍA

M.SC. MIGUEL ÁNGEL MORENO MENDOZA

FIRMAS DE ASESORES.



M.SC. OLGA LIDIA TEJADA DE PACHECO

DOCENTE ASESOR



M.SC. OSCAR ARMANDO MOLINA LARA

ASESOR EXTERNO

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES Y MATEMÁTICA
ESCUELA DE BIOLOGÍA

**“GENERACIÓN DE ACCIONES ASOCIADAS A LA RESTAURACIÓN DE
ECOSISTEMAS COSTEROS MARINOS DEL RÍO SAN LUCAS, MUNICIPIO DE
SAN DIONISIO, USULUTÁN”.**

PRESENTADO POR:

XOCHITL DE LOS ÁNGELES MORÁN CRESPIÑ

INSTITUCIÓN:

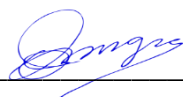
INSTITUTO DE CIENCIAS DEL MAR Y LIMNOLOGÍA (ICMARES)

TRABAJO DE GRADO EN MODALIDAD PASANTIA DE INVESTIGACIÓN PARA

OPTAR AL GRADO DE:

LICENCIADA EN BIOLOGÍA

TRIBUNAL CALIFICADOR



MES. OSMÍN POCASANGRE



M.SC. ROBERTO AMADO VÁSQUEZ DÍAZ

CIUDAD UNIVERSITARIA, SAN SALVADOR CENTRO 2026

DEDICATORIA

El presente trabajo está dedicado a Dios que es el ser supremo que rige todo el universo y es el centro de mi vida.

A mi padre Oswaldo Morán con todo mi amor, que siempre confió en mí y me apoyó para cumplir mis metas y mis sueños, por ser el motor que me impulsó a lograr mi carrera como bióloga.

A mi madre Vilma de Morán con todo mi amor, por apoyarme siempre a lo largo de mi carrera estando conmigo en los momentos más difíciles, por creer en mí, por su invaluable amor y su ayuda idónea para lograr mis metas.

A mi hermana Fátima Morán con todo mi amor, por su apoyo incondicional y acompañamiento en todo momento impulsándome a lograr mis objetivos.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a Dios todopoderoso (Jesucristo) por su inagotable amor y misericordia, guiando mi camino a través de la sabiduría y el conocimiento.

A mis padres Oswaldo Morán y Vilma de Morán por su gran amor, por su apoyo incondicional y por ser la base para alcanzar todas mis metas.

A mi hermana Fátima Morán por su amor, su motivación constante en momentos difíciles y su invaluable apoyo.

A mis asesores M.Sc. Olga tejada por haberme permitido realizar está investigación brindándome su apoyo, comprensión y guía, a M.Sc. Oscar Molina por su amabilidad brindándome su conocimiento y apoyo para hacer posible está investigación.

A mi jurado calificador MES. Osmín Pocasangre y M.Sc. Amado Vásquez, por su buena disposición y colaboración, a través de su conocimiento y aporte científico.

A la alcaldía de San Dionisio principalmente la Unidad Ambiental y Proyección social que brindaron su acompañamiento y apoyo logístico para realizar esta pasantía de investigación, así mismo a Fredy Machado por su apoyo invaluable y su buena disposición aportando al desarrollo de la presente investigación.

ÍNDICE

Contenido	página
RESUMEN	1
1.0 INTRODUCCIÓN	2
2.0 METODOLOGÍA.....	4
2.1 Antecedentes del Instituto de Ciencias del Mar y Limnología.	4
2.2 Ubicación geográfica del área de estudio.	4
2.3 Formulación de un diagnóstico socioeconómico y ambiental.....	6
2.4 Levantamiento de flora y fauna	10
2.5 Evaluación de impacto ambiental.....	14
2.5.1 Identificación de las principales actividades en el río San Lucas.....	14
2.5.2 Evaluación de los impactos a través de la metodología Criterios Relevantes Integrados (CRI) de Buroz (1990).....	14
2.6 Mapa de riesgo de las problemáticas identificadas y priorizadas.....	17
2.7 Índice de la Calidad del Agua.....	18
2.8 Propuestas de acciones a implementar en el río San Lucas.....	21
2.8.1 Plan de Restauración (REM).	21
2.8.1.1 Delimitación del área de intervención para aplicación del REM y medición de desechos sólidos en área de azolvamiento.....	22
2.8.2 Programa de Educación Ambiental.	22
3.0 RESULTADOS	24
3.1 Diagnóstico socioeconómico y ambiental del río San Lucas.	24
3.1.1 Análisis de las variables estratégicas.	30
3.2 Levantamiento de inventario de flora y fauna.....	33
3.2.1 Especies de flora	33
3.2.2 Especies de fauna	37

3.3 Evaluación de impacto ambiental.....	39
3.3.1 Principales actividades identificadas que afectan el río San Lucas.	39
3.3.2 Identificación de los impactos en el río San Lucas.	45
3.3.3 Análisis y Valoración de los impactos en la matriz de Valoración de.....	46
Impacto Ambiental.	46
3.3.4 Evaluación de los impactos a través del Valor de Índice Ambiental	52
(VIA)	52
3.4 Mapa de riesgo del río San Lucas.....	53
3.5 Índice de la Calidad del Agua (ICA).	55
3.6 Propuesta de acciones a implementar en el río San Lucas.	57
3.6.1 Plan de Restauración Ecológica de Manglar (REM)	57
3.6.1.2 Objetivo del plan.	57
3.6.1.3 Área identificada para aplicación de la técnica REM y total de	
desechos sólidos identificados en área de azolvamiento.	58
3.6.1.4 Implementación de barreras vivas.	62
3.6.1.5 Creación de Ríobarda.....	64
3.6.2 Programa de Educación Ambiental.	68
3.6.2.1 Diagnóstico ambiental del río San Lucas.....	68
3.6.2.2 Público meta	69
3.6.2.3 Objetivo general.....	69
3.6.2.4 Objetivos específicos.....	69
3.6.2.5 Plan de acción.	70
3.6.2.6 Monitoreo, evaluación e indicadores del programa	78
4.0 CONCLUSIONES.....	79
5.0 RECOMENDACIONES	81
6.0 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	82
7.0 ANEXOS	86

INDICE DE FIGURAS

Contenido	página
Figura 1. Mapa hidrográfico del río San Lucas, distrito de San Dionisio, Usulután Este.	5
Figura 2. Consulta sobre las problemáticas ambientales con los actores locales.	6
Fuente: García, 2023.	6
Figura 3. Plano de influencia dependencia para elegir a las variables estratégicas.	10
Figura 4. A) Vegetación en el curso bajo del río San Lucas, B) zona de ganadería en el curso bajo del río San Lucas.	12
Figura 5. Mapa del río San Lucas con la representación gráfica de los puntos de las zonas de muestreo el transecto uno (zona del nacimiento del río), transecto dos (zona de Azolvamiento), transecto tres (zonas de azolvamiento y desembocadura) y transecto cuatro (zona del puente).....	13
Figura 6. (A) y (B) Toma de muestras de agua en el curso medio del río San Lucas con una sonda multiparamétrica YSI exo 3.....	18
Figura 7. Socialización de propuesta del Plan Restauración Ecológica de Manglar (REM) con los actores locales del distrito de San Dionisio, Usulután Este.	21
Figura 8. Actividades para medición de desechos sólidos en zona de azolvamiento del río.	22
Figura 9. Presentación del programa de Educación Ambiental para el río San Lucas y socialización de resultados con actores locales del distrito de San Dionisio, Usulután Este.....	23
Figura 10. Mapa potencial de influencia indirecta de distribución de las variables de dependencia/ Influencia, para el río San Lucas.....	32
Figura 11. Especies de plantas del río San Lucas. (A) Sambrán (<i>Senna reticulata</i>) y (B) Moringa (<i>Moringa oleifera</i>).	34
Figura 12. Madriguera de <i>Iguana iguana</i> , en el río San Lucas.	37
Figura 13. Agricultura y ganadería alrededor del río San Lucas.....	40

Figura 14. Deforestación alrededor del río San Lucas.....	41
Figura 15. Contaminación del río San Lucas.....	43
Figura 16. Área de azolvamiento en el curso bajo del río donde se presenta el bifurcamiento.....	44
Figura 17. Mapa de puntos identificados como zonas de riesgo alrededor del río San Lucas, Usulután Este	54
Figura 18. Mapa del área de delimitación para la aplicación de la técnica REM del río San Lucas, distrito de San Dionisio, Usulután Este.	59
Figura 19. Plantación en tresbolillo dentro de la hilera	64
Figura 20. Estructura de ríobarda instalada.	66
Figura 21. Limpieza de ríobarda juntando ambos extremos.....	67

ÍNDICE DE TABLAS

Contenido	página
Tabla 1. Matriz de FODA (Fortalezas, Oportunidades, Debilidades y Amenazas) donde se ordenan las variables definidas para su posterior análisis a través de la metodología Matrices de Impactos Cruzados Multiplicación Aplicada para una Clasificación (MICMAC).	7
Tabla 2. Descripción de los componentes establecidos para la metodología Criterios Relevantes Integrados (CRI) y su posterior evaluación en la matriz de valoración ambiental.....	15
Tabla 3. Escala de valoración de indicadores (riesgo, intensidad, extensión, reversibilidad, duración y puntaje asignado a cada uno) en base a la metodología Criterios Relevantes Integrados (CRI).....	16
Tabla 4. Parámetros físico-químicos y biológicos con los respectivos pesos (W_i) para el cálculo del valor del ICA.	19
Tabla 5. Clasificación del “ICA” propuesto por Brown.....	20
Tabla 6. Análisis FODA con sus respectivos estados situacionales, los ámbitos y las variables descritas para el diagnóstico socio-económico y ambiental del río San Lucas, distrito de San Dionisio, Usulután Este.	25
Tabla 7. Listado de especies de flora del río San Lucas, distrito de San Dionisio, Usulután Este.....	35
Tabla 8. Listado de especies de fauna del río San Lucas, distrito de San Dionisio, Usulután Este.....	37
Tabla 9. Impactos negativos identificados en el río San Lucas clasificados según sus componentes (atmósfera, suelo, agua, biótico, socioeconómico, cultural y paisaje) para ser evaluados en la matriz de Valoración de Impacto.....	46
Tabla 10. Matriz de valoración de Impacto Ambiental con los valores asignados a cada impacto según los criterios de (extensión, intensidad, duración, reversibilidad y riesgo) para la evaluación de impactos a través del Valor de Impacto Ambiental (VIA).	47

Tabla 11. Impactos evaluados con el Valor de Índice Ambiental obtenido para el río San lucas, distrito de San Dionisio, Usulután Este.....	52
Tabla 12. Parámetros físico-químicos del agua del río tomados con sonda multiparamétrica YSI.	55
Tabla 13. Parámetros biológicos y químicos obtenidos de los análisis del laboratorio (LECC).	56
Tabla 14. Resultados del ICA propuesto por Brown para la zona media del río San Lucas.....	57
Tabla 15. Lista de materiales para desazolve y limpieza de canal.	60
Tabla 16. Costos para las actividades de desazolve y limpieza del canal.	61
Tabla 17. Cantidad de desechos superficiales en el área de azolvamiento del río San Lucas.....	61
Tabla 18. Cantidad de desechos subterráneos en el área de azolvamiento del río San Lucas.....	62
Tabla 19. Lista de materiales para implementación de barreras vivas en los tramos A, B, C y D dentro del plan REM.	64
Tabla 20. Insumos y costos para la creación de la biobarda.	68
Tabla 21. Contenido de acciones a ejecutar del programa de Educación Ambiental del río San Lucas.	70
Tabla 22. Indicadores de evaluación de impacto del programa de educación ambiental.....	78

RESUMEN

La pasantía de investigación se realizó en el Instituto de Ciencias del Mar y Limnología de la Universidad de El Salvador (ICMARES), El Salvador, desde septiembre del dos mil veintidós hasta octubre del dos mil veintitrés, tuvo como objetivo principal generar acciones de restauración ambiental a nivel de ecosistemas, enfocadas en la reducción de fuentes de contaminación puntual y difusa, cambios de uso del suelo y del agua en los ecosistemas costeros marinos del río San Lucas, Distrito de San Dionisio, Usulután Este, principalmente en bosque de galería, desembocadura y bosque salado “manglar”.

Se realizaron varias actividades programadas para la restauración del río San Lucas, las cuales fueron: un diagnóstico socio-económico y ambiental mediante un análisis estructural utilizando el método de Matrices de Impactos Cruzados Multiplicación Aplicada para una Clasificación (MICMAC), levantamiento de flora y fauna empleando una Evaluación Ecológica Rápida (EER), una evaluación de impacto ambiental a través de la metodología de Criterios Relevantes Integrados (CRI), un plan de restauración ecológica rápida y un programa de educación ambiental. También se realizaron actividades como; el análisis de la calidad del agua que se llevó a cabo utilizando el Índice de Calidad del Agua (ICA) propuesto por Brown (1970).

Como resultado de la pasantía de investigación se pudieron determinar las variables prioritarias dentro del sistema socioeconómico y ambiental, se identificaron veinticinco familias con treinta especies pertenecientes a fauna y veintidós familias con treinta y tres especies pertenecientes a flora. También se pudo determinar la valoración del daño ambiental que resulto de 7.8 indicando que los impactos ambientales negativos en el río San Lucas son significativos. El valor del Índice de Calidad del Agua fue de 65.59 dentro del rango de 51 a 70, esto indica que la zona evaluada, presenta una calidad de agua regular. Así mismo se realizaron la generación de acciones o medidas de mitigación para disminuir el impacto antropogénico en el río San Lucas, a través del plan de restauración y el programa de educación ambiental, que son de gran utilidad para la conservación y sostenibilidad de estos ecosistemas.

1.0 INTRODUCCIÓN

La zona costera marina representa uno de los espacios territoriales que concentra importantes ecosistemas como; los manglares, bosques aluviales y arrecifes de coral. Por lo que la diversidad de recursos naturales que se encuentran en esta zona ha generado un alto crecimiento demográfico y con ello un desarrollo de actividades productivas, entre ellas la agricultura, la ganadería, la pesca, el comercio y el turismo. Estas actividades generan grandes impactos ambientales negativos, debido al incumplimiento de la normativa ambiental, el crecimiento y desorden territorial, así como la falta de acciones que mitiguen o contrarresten dichos impactos, esto ha provocado la contaminación de los estuarios, la extracción insostenible de los recursos pesqueros y la tala indiscriminada de los bosques salados, generando grandes pérdidas de la biodiversidad (Erazo, 2016).

Amaya & Flores (2006) Identifican como uno de los principales impactos en la contaminación marina los vertidos de aguas grises y negras, ya que estos contienen sustancias tóxicas que perjudican directamente a las especies marinas debido a que estas la absorben de forma rápida. También se forman depósitos en los ríos que suponen a su vez un desarrollo enorme de nuevos elementos contaminantes y un crecimiento excesivo de organismos indeseables, estos depósitos provienen de las plantas de tratamientos de aguas residuales, de los residuos de dragados (especialmente en los puertos y estuarios), del lavado de tanques y depósitos de los buques de carga (incluso petroleros), de las graveras, de los áridos, así como de una gran variedad de sustancias tóxicas orgánicas y químicas.

En la presente pasantía de investigación que se llevó a cabo en el Instituto de Ciencias del Mar y Limnología de la Universidad de El Salvador (ICMARES), comprendida entre septiembre del año dos mil veintidós hasta octubre del año dos mil veintitrés, a través del marco del proyecto de investigación: "Generación e implementación de acciones asociadas a la restauración de ecosistemas costero marinos" impulsado por (ICMARES), se contribuye de forma positiva en la restauración, protección y conservación de los ecosistemas costeros marinos a través de la investigación científica y divulgación, trabajando en la minimización de los impactos negativos ocasionados en el río San Lucas del Distrito de San Dionisio, Usulután Este.

A través de esta pasantía de investigación, se ha logrado obtener datos adecuados del estado actual del ecosistema ribereño mediante el diagnóstico socioeconómico y ambiental, así como priorizar las variables identificadas para poder proponer actividades que permitan la restauración del río San Lucas, así mismo, permitió identificar los impactos negativos generados por actividades, obras o proyectos que inciden en el ambiente o en la calidad de vida de la población, para poder recomendar medidas que garanticen la protección del medio ambiente, con el fin de ser utilizadas en proyectos o actividades que apoyen la restauración y protección del ecosistema, a través del programa de educación ambiental que podrá ejecutar la alcaldía de San Dionisio, en el cual se proponen las acciones a llevarse a cabo para la restauración del río San Lucas.

El objetivo general de la pasantía de investigación consistió en generar acciones de restauración ambiental a nivel de ecosistemas, enfocadas en la reducción de fuentes de contaminación puntual y difusa, cambios de uso del suelo y del agua en ecosistemas costero marinos, principalmente en bosque de galería, desembocaduras y bosques salados.

Los objetivos específicos se centraron principalmente en realizar un diagnóstico socio-económico y ambiental que permite conocer la situación actual y la tendencia de las problemáticas identificadas, el levantamiento de flora y fauna del sitio de estudio, una evaluación del impacto ambiental utilizando la metodología CRI (Criterios Relevantes Integrados) para identificar el valor del daño ambiental, un plan de restauración para el río San Lucas y un programa de educación ambiental, dichas herramientas ambientales permiten a la comunidad local y a la alcaldía municipal, identificar la situación ambiental actual, los factores que causan la degradación ambiental en la zona y las herramientas para la restauración del río San Lucas.

2.0 METODOLOGÍA

2.1 Antecedentes del Instituto de Ciencias del Mar y Limnología.

El Instituto de Ciencias del Mar y Limnología (ICMARES) tiene como misión realizar investigación científica y tecnológica en los ecosistemas marinos, costeros y de aguas interiores, formación de recursos humanos para producir conocimiento científico que contribuya al manejo de los recursos naturales y mejora continua de la calidad de vida de la sociedad salvadoreña así mismo se han planteado la visión de ser una entidad con reconocimiento nacional e internacional en la producción de conocimiento científico nuevo en ciencias del mar y limnología, que contribuya a la creación de políticas y estrategias de conservación y gestión sostenible de los recursos marinos, costeros y limnológicos; para apoyar el desarrollo sostenible de El Salvador (ICMARES, 2022).

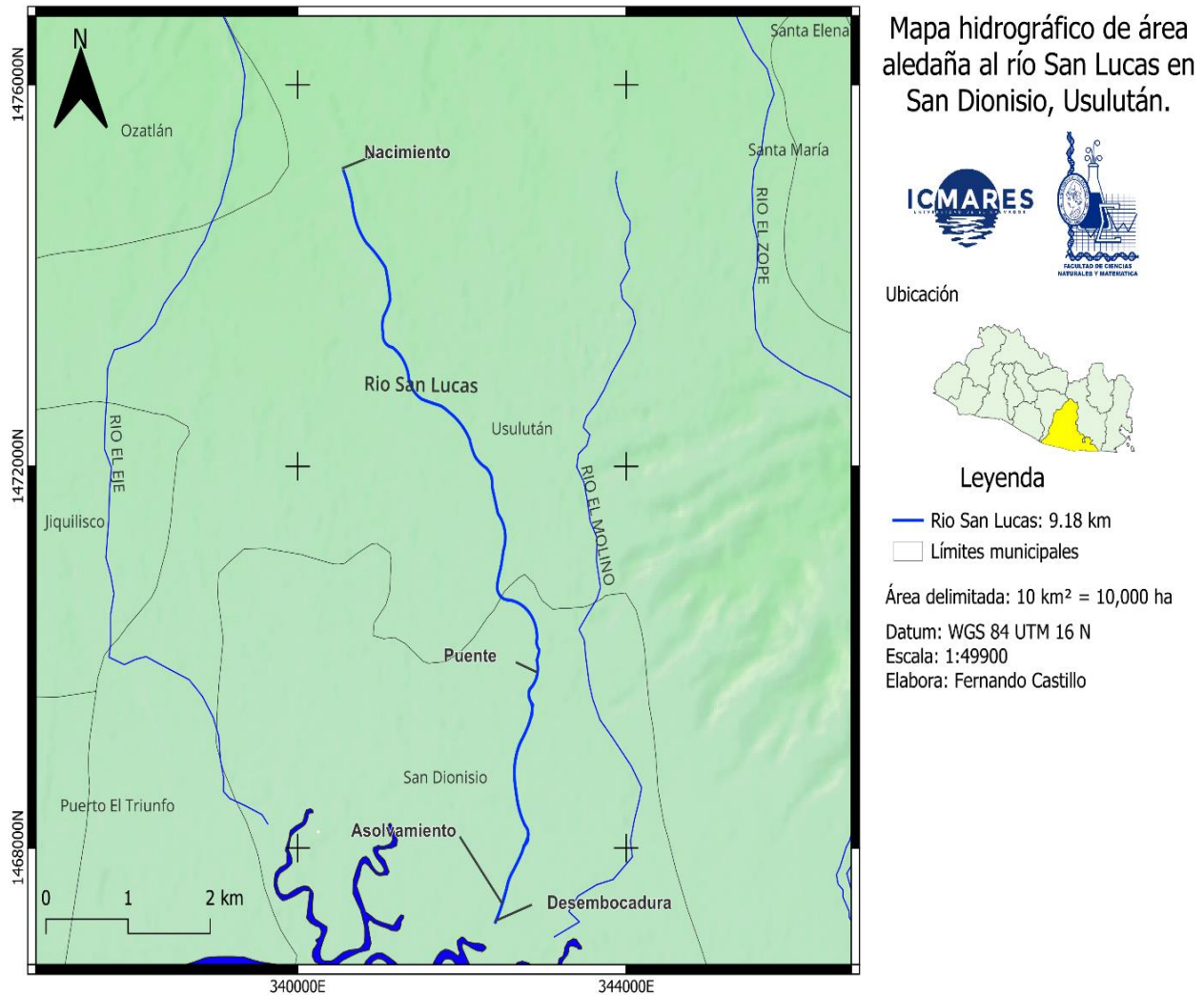
Este Instituto se crea a propuesta de la Junta Directiva de la Facultad de Ciencias Naturales y Matemática, con fundamento en el Art. 32 literales c) y f) de la Ley Orgánica de la Universidad de El Salvador y depende en lo administrativo y financiero del Decano de la mencionada Facultad. El ICMARES es una entidad académica y científica con carácter multidisciplinario, adscrita a la Facultad de Ciencias Naturales y Matemática, con sede administrativa en el campo central de la UES (ICMARES, 2022).

2.2 Ubicación geográfica del área de estudio.

El Distrito de San Dionisio está ubicado en el departamento de Usulután, a 8 kilómetros al sur de la ciudad de Usulután, a 14 metros sobre el nivel del mar, se encuentra ubicado entre las coordenadas geográficas: 13° 15' 43" LN (extremo meridional); 88° 29' 20", LWG (extremo oriental) y 88°25'52" LWG (extremo occidental). Posee una extensión territorial de 114.95 Km² incluyendo tres islas y se divide en: 106.4 Km² para el área rural y 8.55 Km² para el área urbana: Siendo el más pequeño de la Bahía de Jiquilisco (4.82% con relación al área total del departamento) (Villatoro, Martínez & Chanico, 2015).

El río San Lucas se encuentra ubicado en el departamento de Usulután, Distrito de San Dionisio entre las coordenadas geográficas: 13°17'39.4" N, 88°27'00.7" W, cuenta con 7 metros de ancho, 15 centímetros de profundidad como media (en época seca) y una longitud de 9.18 kilómetros a una distancia aproximada de 2.5 km del centro de San Dionisio (Figura 1).

Figura 1. Mapa hidrográfico del río San Lucas, distrito de San Dionisio, Usulután Este.



Fuente: Castillo, 2023.

Las principales fuentes de agua del distrito lo constituyen los ríos: Los Pocitos, El Marillo, San Lucas, El Molino, La Poza, Río Zarco y Mundo Nuevo, los cuales constituyen la zona de recarga. Un ecosistema importante en el distrito es el costero marino, que es fuente de ingresos para la población, en el que existen áreas de manglar, playas que contienen alguna riqueza natural y que permite la reproducción de especies marinas. Otro ecosistema importante son los humedales, que se encuentran íntimamente ligados al ecosistema costero marino, ya que en el distrito

los humedales existentes están compuestos por bosques salados o manglares (Fundación Nacional para el Desarrollo [FUNDE], 2014).

2.3 Formulación de un diagnóstico socioeconómico y ambiental.

Se realizaron cinco viajes de campo con apoyo del Instituto de Ciencias del Mar y Limnología (ICMARES) desde septiembre del dos mil veintidós hasta octubre del dos mil veintitrés. Se trabajó en conjunto con los actores locales (Unidad Ambiental, Proyección Social de la alcaldía y líderes comunitarios de San Dionisio) en dos etapas.

En la primera etapa, se llevaron a cabo dos reuniones: una con los miembros de la Alcaldía de San Dionisio el veintidós de septiembre de dos mil veintidós, y otra con líderes comunitarios el veintitrés de febrero de dos mil veintitrés (Figura 2), en las dos reuniones llevadas a cabo se abordaron las problemáticas ambientales que enfrentan las comunidades cercanas al río San Lucas y que propuestas ellos creen adecuadas para tratar dichas problemáticas, esto con el fin de recabar información para la elaboración del diagnóstico socioeconómico y ambiental.

Figura 2. Consulta sobre las problemáticas ambientales con los actores locales.



Fuente: García, 2023.

Posteriormente en la segunda etapa se realizaron cuatro visitas de campo, la primera de dos días; treinta de enero y treinta y uno de enero del dos mil veintitrés, la segunda de un día; el veintidós de febrero del dos mil veintitrés, la tercera con una última visita de campo destinada a la toma de muestras para el análisis de calidad del agua, el día veinticuatro de octubre de dos mil veintitrés en acompañamiento de ICMARES. Se realizó una visita el día dieciséis de mayo del dos mil veinticuatro para socializar los

resultados con los actores locales. Las visitas de campo en el área de estudio fueron en acompañamiento de técnicos de la alcaldía que conocían la zona.

En las visitas de campo se pudo observar de forma directa las principales actividades antropogénicas que deterioran el ecosistema del río San Lucas, y de esta manera se detallaron las fortalezas y vacíos existentes dentro de los procesos de restauración a través de la técnica FODA (Fortalezas, Oportunidades, Debilidades y Amenazas), se estructuraron los estados situacionales tanto endógenos (incidentes) como exógenos (dependientes), se categorizaron en los siguientes ámbitos: institucional, económico, sociológico y ambiental; donde para cada una de ellas, se definieron en variables, se enumeraron y se analizaron, haciendo uso de un análisis estructural de acuerdo con la metodología Matrices de Impactos Cruzados Multiplicación Aplicada para una Clasificación (MICMAC). El análisis estructural permitió describir el sistema socioeconómico y ambiental del río San Lucas con ayuda de una matriz que relacionó todos sus elementos constitutivos, identificando las principales variables (estados situacionales) influyentes y dependientes, obteniendo las variables a priorizar para los objetos de estudio y se ordenaron como se muestran en la Tabla 1.

Tabla 1. Matriz de FODA (Fortalezas, Oportunidades, Debilidades y Amenazas) donde se ordenan las variables definidas para su posterior análisis a través de la metodología Matrices de Impactos Cruzados Multiplicación Aplicada para una Clasificación (MICMAC).

Ámbitos	Fortalezas Internos (Controlables)	Variable	No	Nombre Clave
Institucional			1	
Económico			2	
Sociológico			3	
Ambiental			4	
	Oportunidades Externos (no controlables)			
Institucional			5	
Económico			6	
Sociológico			7	
Ambiental			8	
	Debilidades Internos (Controlables)			
Institucional			9	
Económico			10	
Sociológico			11	
Ambiental			12	
	Amenazas Externos (no controlables)			
Institucional			13	
Económico			14	
Sociológico			15	
Ambiental			16	

Fuente: Villegas et al. (2021).

Posteriormente se realizó el análisis de la información a través de la metodología Matrices de Impactos Cruzados Multiplicación Aplicada para una Clasificación (MICMAC) en la cual se verificó la información primaria obtenida a través de las visitas de campo y secundaria basada en las charlas con actores locales y las bibliografías consultadas, tomando en cuenta principalmente la contaminación generada por desechos sólidos, cambios de uso del suelo y el agua, aguas residuales de tipo ordinario y los vertidos que son arrojados directamente en la zona de estudio.

El método Matrices de Impactos Cruzados Multiplicación Aplicada para una Clasificación (MICMAC) conto con las siguientes fases según lo descrito por Villegas et al. (2021) que son:

- a) **Listado de las variables:** Se enumeraron el conjunto de variables que conforman el sistema socioeconómico y ambiental del rio San Lucas tanto las variables internas (fortalezas y debilidades) como las variables externas (oportunidades y amenazas), atendiendo a la pregunta siguiente: ¿cuáles son los factores políticos, económicos, sociales y ambientales que condicionan al ecosistema del rio San Lucas? obteniendo así un listado homogéneo de las variables.
- b) **La descripción de relaciones entre variables:** Se relacionaron las variables a través de un análisis estructural en una matriz de dos entradas llamada matriz de análisis estructural. El llenado fue cualitativo, por cada pareja de variables, se planteó la siguiente pregunta: ¿Existe una relación de influencia directa entre la variable A y la variable B? si la respuesta resultaba negativa, se ponderaba (0), en el caso contrario, se preguntaba si esta relación de influencia directa es débil se ponderaba (1) mediana se ponderaba (2); y fuerte se ponderaba (3).
- c) **La identificación de variables estratégicas:** En esta última fase se determinaron las variables prioritarias del sistema socioeconómico y ambiental del rio San Lucas, a través del análisis del software MICMAC versión 6.1.2, con el cual se generó una matriz y un gráfico conocido como plano de influencia y dependencia de las variables del sistema en estudio.

En la interpretación del análisis estructural confluyen dos conceptos: motricidad y dependencia. La motricidad es el impacto que una variable ejerce sobre las demás. La dependencia se define como la subordinación de una variable con respecto a las restantes (Villegas et al., 2021).

Los resultados en términos de influencia y de dependencia de cada variable se representaron sobre un plano (el eje de abscisas corresponde a la dependencia y el eje de ordenadas a la influencia) (Figura 3). Este plano cartesiano permitió determinar cuáles son los factores más influyentes y cuáles los más dependientes. Las variables estratégicas o clave son finalmente las que contengan las calificaciones más altas de influencia y de dependencia.

Las variables estratégicas se categorizaron según Garza & Cortez (2011) de la siguiente forma: determinantes, claves, de resultados, objetivos, entorno, autónomas y de regulación según (incidencia/dependencia) (Figura 3).

Las variables **determinantes o, de entrada**, son aquellas variables que se sitúan en la parte superior izquierda, fuertemente motrices, poco dependientes y altamente influyentes y éstas determinan el funcionamiento del sistema. En la zona superior derecha, se encuentran las **variables-claves o variables-retos** del sistema muy motrices y muy dependientes, perturban el funcionamiento normal del sistema. En la zona inferior derecha se sitúan las **variables resultado** que se caracterizan por su baja motricidad y alta dependencia, y suelen ser junto con las variables objetivo, indicadores descriptivos de la evolución del sistema. Las **variables objetivo** que se ubican en la parte central derecha son muy dependientes y medianamente motrices, de ahí su carácter de objetivos, puesto que en ellas se puede influir para que su evolución sea aquella que se desea. Las **Variables de entorno** se sitúan en la parte central izquierda del plano, tienen escasa dependencia del sistema, en el centro se sitúan las **variables de regulación** que participan en el funcionamiento normal del plano o sistema, que son importantes para alcanzar el cumplimiento de las variables-clave y que estas vayan evolucionando tal y como conviene para la consecución de los objetivos del sistema. En la zona próxima al origen, se sitúan las **variables autónomas**, son poco influyentes o motrices y poco dependientes, se corresponden con tendencias pasadas o inercias del sistema o bien están desconectadas de él.

Figura 3. Plano de influencia dependencia para elegir a las variables estratégicas.



Fuente: Villegas et al. (2021).

2.4 Levantamiento de flora y fauna

Para el levantamiento de flora y fauna del río San Lucas se empleó la metodología de Evaluación Ecológica Rápida (EER), una metodología para el estudio de la diversidad ecológica desarrollada por The Nature Conservancy durante los últimos diez años. Se realizaron tres visitas de campo en época seca; la primera el treinta de enero del dos mil veintitrés, la segunda el treinta y uno de enero del dos mil veintitrés y la tercera el veintitrés de febrero del dos mil veintitrés. Las especies observadas se incluyeron en un cuadro indicando la familia a la que pertenecen, su nombre científico, nombre común y su estado actual en las siguientes listas: lista roja de la UICN (Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza), apéndices CITES (Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres) y Decretos Ejecutivos por parte del Estado, donde citan especies amenazadas o cualquier otro estado de conservación. Según la (Comisión Centroamericana de Ambiente y Desarrollo [CCAD], 2010) la CITES es un acuerdo internacional concertado entre Gobiernos. Tiene por finalidad velar por que el comercio internacional de especímenes de animales y plantas silvestres no constituya una amenaza para su sobrevivencia. Las especies amparadas por la CITES están incluidas en tres Apéndices, según el grado de protección que necesiten: en el

apéndice I se incluyen todas las especies en peligro de extinción, en el apéndice II se incluyen especies que no necesariamente se encuentran en peligro de extinción, pero su comercio debe controlarse a fin de evitar una utilización incompatible con su supervivencia y en el apéndice III se incluyen especies que están protegidas al menos en un país.

- **Vegetación**

Se realizó el muestreo de vegetación utilizando el método de transectos lineales, con una longitud de 100 mts cada uno siguiendo el borde del río. Debido a que el río en su gran mayoría está conformado por agroecosistemas, la vegetación que se tomó en cuenta fue la que se encontraba al borde del mismo (Figura 4).

Los transectos realizados fueron: dos en la zona del nacimiento del río, en el curso alto con las siguientes coordenadas geográficas: 1) 13°20'21.35" N, 88°28'20.17" W, 2) 13°20'20.7" N, 88°28'20.1" W en bosque ribereño. Dos en la zona media del río, en el curso medio con las siguientes coordenadas geográficas: 1) 13°17'30.01" N, 88°27'01.02" W, 2) 13°17'28.4" N, 88°27'01.2" W en bosque ribereño. Tres en la zona baja del río, en el curso bajo con las siguientes coordenadas geográficas: 1) 13°16'03.8" N 88°27'15.8" W, 2) 13°16'23.9" N, 88°27'08.6" W, 3) 13°16'21.7" N, 88°27'10.0" W en bosque ribereño. Dos en la zona baja del río, en el curso bajo con las siguientes coordenadas geográficas: 1) 13°16'01.1" N, 88°27'16.5" W, 2) 13°15'59.6" N, 88°27'16.5" W en bosque de manglar cercano a la desembocadura.

Se identificaron las comunidades vegetales in situ a través de la observación directa en campo y se tomaron fotografías a las especies para posteriormente analizarlas.

Los datos recolectados se compararon con listados de especies de flora presentes en el país como; con el inventario de flora vascular del Área Natural Protegida El Espino – Bosque Los Pericos Parque del Bicentenario (Salvanatura, 2011), y con el listado de especies de flora registrados en el sitio RAMSAR “Área natural protegida laguna el Jocotal”. Las fotografías tomadas en campo se identificaron a través de la comparación de imágenes dentro de una aplicación móvil llamada Plan Net la cual contiene una extensa base de datos de flora.

Figura 4. A) Vegetación en el curso bajo del río San Lucas, B) zona de ganadería en el curso bajo del río San Lucas.



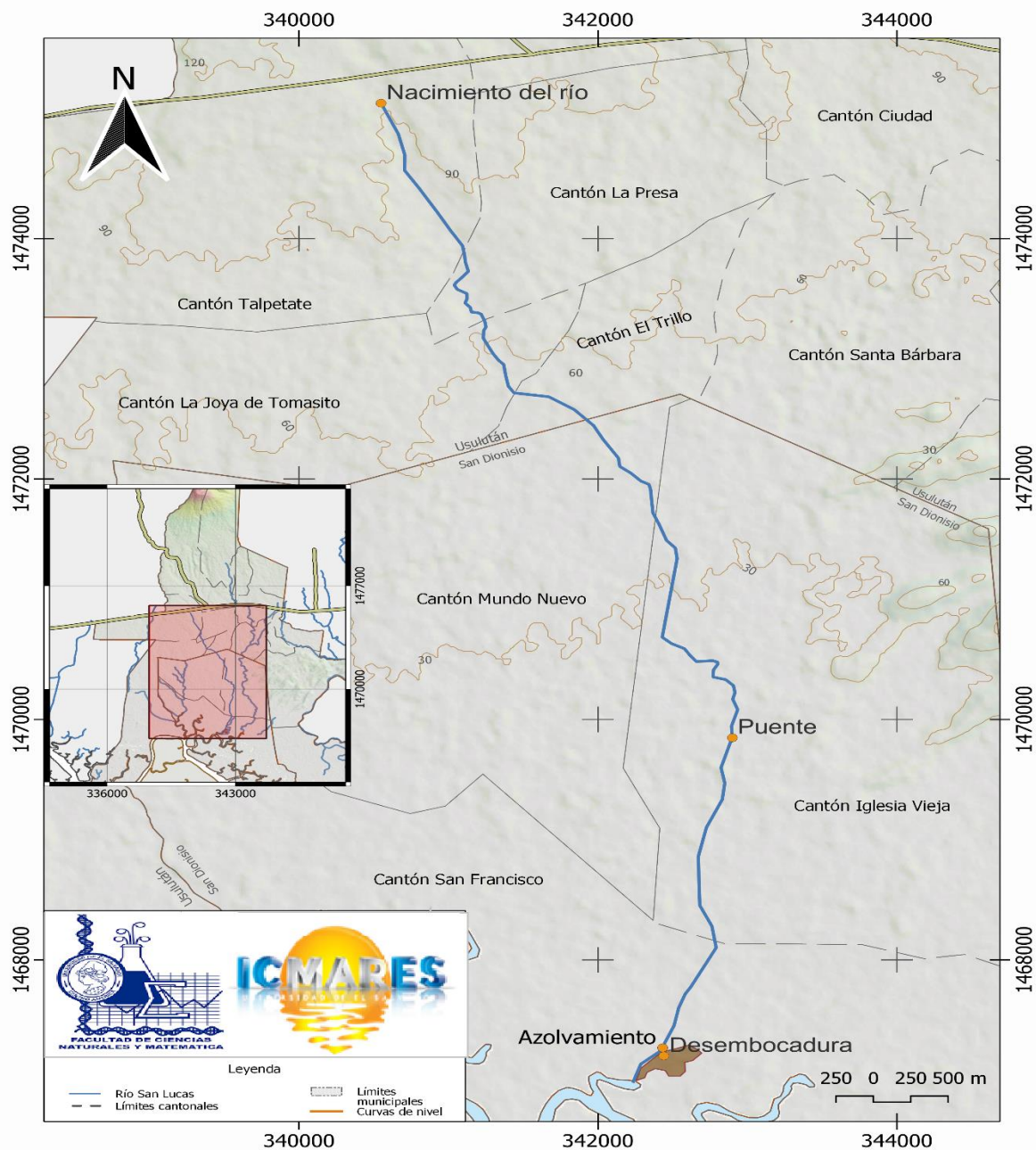
- **Fauna**

Para el muestreo de fauna se utilizaron transectos para la detección de especies, esta técnica consiste en la búsqueda, observación directa y detección de sonidos, huellas, heces, carcasas o partes de los organismos que permitan obtener información sobre su existencia en el área de estudio y a través de la entrevista de personas en el sitio que han observado las especies en la zona. Se realizó observación directa en campo y se tomaron fotografías a las especies para ser posteriormente analizadas.

El primer transecto fue realizado en la zona de nacimiento, en el curso alto del río San Lucas (bosque ribereño) de 11:10 am-12:00 md, con una longitud de 200 mts, el segundo transecto fue realizado en el curso bajo del río (bosque ribereño) de 1:15-4:00 pm con una longitud de 2,000 metros, el tercer transecto se realizó en el curso bajo del río (bosque ribereño) y (bosque de manglar) de 8:30-12:15 md con una longitud de 1,000 metros y el cuarto transecto se realizó en el curso medio del río (bosque ribereño) de 1:20-3:30 pm con una longitud de 400 mts, lo que hizo un total de 3.45 kilómetros de muestreo con una duración de nueve horas y cincuenta minutos (9.50 horas) (Figura 5).

Los datos recolectados se compararon con las siguientes fuentes: el listado de aves de El Salvador (Quiteño, Abrego & Bonilla, 2021) y el Listado Oficial de Especies de Vida Silvestre Amenazadas y en Peligro de extinción del (Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales [MARN], 2023). Las fotografías tomadas en campo se identificaron a través de la comparación de imágenes dentro de una aplicación móvil con una amplia base de datos llamada Picture bird.

Figura 5. Mapa del río San Lucas con la representación gráfica de los puntos de las zonas de muestreo el transecto uno (zona del nacimiento del río), transecto dos (zona de Azolvamiento), transecto tres (zonas de azolvamiento y desembocadura) y transecto cuatro (zona del puente).



2.5 Evaluación de impacto ambiental.

2.5.1 Identificación de las principales actividades en el río San Lucas.

Para realizar esta actividad se hicieron recorridos: en el curso alto, curso medio y curso bajo del río San Lucas, para identificar las principales actividades que afectan a los ecosistemas costeros marinos, se recolectaron los datos a través de fotografías y anotaciones, para posteriormente ser analizados en una matriz de valor de impacto ambiental, basada en el método de Criterios Relevantes Integrados (CRI) de Buroz (1990).

2.5.2 Evaluación de los impactos a través de la metodología Criterios Relevantes Integrados (CRI) de Buroz (1990).

Se identificaron y evaluaron los impactos ambientales en el río San Lucas aplicando el método de Criterios Relevantes Integrados (CRI) de Buroz (1990), porque es un método basado en un análisis multicriterio y permite el estudio pormenorizado de las acciones y la descripción del efecto de cada impacto en el medio en que se manifiesta, para evaluarlo cuantitativamente.

El método de CRI según (Bau, Ulloa & Gola, 2017) se basa en un análisis multicriterio, partiendo de la idea de que un impacto ambiental se puede estimar a partir de la discusión y análisis de criterios con valoración ambiental. Este método consiste en asignar valores a los efectos adversos relevantes de acuerdo a los criterios de extensión, intensidad, duración, reversibilidad y riesgo, para de esta manera alcanzar el valor de impacto ambiental por efecto y la jerarquización de los mismos.

El método CRI de Buroz (1990), contó con las siguientes fases:

1. En la primera fase se definieron los principales impactos ambientales que presentan efectos negativos en los ecosistemas costeros marinos del río San Lucas, los cuales se clasificaron según su componente ambiental (atmósfera, suelo, agua, socioeconómico, cultural y paisaje) en la siguiente Tabla 2 se muestran los principales componentes ambientales de especial interés determinados a través de sus características ambientales presentes en el área de estudio y la descripción de cada uno de ellos.

Tabla 2. Descripción de los componentes establecidos para la metodología Criterios Relevantes Integrados (CRI) y su posterior evaluación en la matriz de valoración ambiental.

Componente ambiental	Descripción
Atmósfera	Impactos en la variación de los niveles de temperatura y alteración de fenómenos meteorológicos.
Suelo	Impactos en el grado de erosión o contaminación del suelo debido a actividades u obras.
Agua	Impactos en la variación del caudal y calidad de cuerpos hídricos superficiales y subterráneos.
Biótico	Impactos en la pérdida de especies y recursos o degradación de hábitats.
Socioeconómico	Impactos en la afectación a comunidades locales, salud o actividades económicas
Cultural y paisaje	Impactos en cambios en la integridad visual o afectación de sitios culturales.

Fuente: Conesa (2010)

2. En la segunda fase se procedió a asignar valores cuantitativos a los impactos identificados, en la matriz de valor de impacto ambiental a través de los criterios de extensión (E), intensidad (I), duración (D), reversibilidad (Rv) y riesgo (Ri), que son considerados por la metodología Criterios Relevantes Integrados (CRI) como **indicadores de impactos** y se definen de la siguiente manera (Melone, 2007):

Intensidad (I): Cuantificación de la magnitud o gravedad con que se presenta el impacto.

Extensión (E): Espacio donde se presenta el impacto; puede ser puntual, local o generalizada. Es decir, medida del ámbito espacial o de superficie donde ocurre la afectación.

Duración (D): Lapso o tiempo que dura la perturbación o número de años que dura la acción que genera el impacto.

Reversibilidad (Rv): La capacidad del medio para volver a su condición inicial.

Riesgo (Ri): probabilidad de que el efecto ocurra.

Según Bau, Ulloa & Gola (2017) el impacto total (100%) se considera el resultado de la contribución ponderada de los cinco indicadores; Probabilidad de riesgo (20%), Intensidad (30%), Extensión (20%), Duración (10%), Reversibilidad (20%). La escala de valores para todos los indicadores está comprendida entre 1 y 10 y el valor de cada uno se determina por criterio, como se puede observar en la Tabla 3.

Tabla 3. Escala de valoración de indicadores (riesgo, intensidad, extensión, reversibilidad, duración y puntaje asignado a cada uno) en base a la metodología Criterios Relevantes Integrados (CRI).

Probabilidad de riesgo	Intensidad	Extensión	Reversibilidad	Duración	Puntaje
Alta (>50%)	Alta	Generalizada	Irreversible (baja capacidad o irrecuperable)	Larga (>5 años)	10 Máximo nivel de afectación
Media (10% a 50%)	Media	Local	Medianamente irreversible (a largo plazo de 11 a 20 años)	Media (2 a 5 años)	5
Baja (<10%)	Baja	Puntual	Reversible (a corto plazo de 0 a 10 años)	Corta (<2 años)	2 Mínimo nivel de afectación

Fuente: Bau, Ulloa & Gola (2017)

3. En la tercera fase una vez analizado y valorado cada impacto negativo identificado en el río San Lucas con base a los indicadores de impactos establecidos en la metodología CRI a través de la matriz de valor de impacto

ambiental, se procedió con el cálculo de la Magnitud del Impacto ambiental con la evaluación del Índice de Valor de Impacto Ambiental (VIA).

El cual se obtiene de la sumatoria acumulada de los valores obtenidos de las variables de extensión (E), intensidad (I), duración (D), reversibilidad (Rv) y riesgo (Ri), donde cada variable se multiplica por el valor de peso asignado (Bau, Ulloa & Gola, 2017).

Para el cálculo del VIA se utilizó la siguiente fórmula:

$$\text{VIA} = I \times W_i + E \times W_e + D \times W_d + R_v \times W_{Rv} + R_i \times W_{Ri}$$

I - Intensidad

E - Extensión

D - Duración

Rv - Reversibilidad

Ri - Riesgo

Pesos con que se ponderan los indicadores del VIA:

$W_i=0,3$

$W_e=0,2$

$W_d=0,1$

$W_{Rv}=0,2$

$W_{Ri}=0,2$

Los impactos evaluados se ubicaron en un nivel de jerarquización según el resultado obtenido a través del Índice de Valor de Impacto Ambiental (VIA) como lo indica (Bau, Ulloa & Gola, 2017) utilizando la siguiente medición:

CATEGORÍA I. Probabilidad de ocurrencia muy alta cuando el VIA es mayor o igual a 8, se considera impacto altamente significativo.

CATEGORÍA II. Probabilidad de ocurrencia alta cuando el VIA esta entre 6 y 8, se considera un impacto significativo.

CATEGORÍA III. Probabilidad de ocurrencia moderada cuando el VIA esta entre 4 y 6, se considera un impacto no significativo.

CATEGORÍA IV. Probabilidad de ocurrencia baja o media cuando el VIA es menor o igual a 4, se considera un impacto no significativo.

2.6 Mapa de riesgo de las problemáticas identificadas y priorizadas.

A través de la observación en campo, así como de la Evaluación de Impacto Ambiental (EIA) se generó un mapa utilizando el programa QGIS versión 3.36.2 un

software de Sistemas de Información Geográfica, donde se indicaron los puntos específicos de las zonas de riesgo del río San Lucas en base a las problemáticas identificadas (desechos sólidos, ganadería, azolvamiento, entre otras), los puntos se localizaron por medio del GPS Garmin eTrex, con el fin de poder representar geográficamente las zonas más vulnerables que presentan riesgos debido a impactos antropogénicos en los ecosistemas marinos del río San Lucas en áreas puntuales.

2.7 Índice de la Calidad del Agua.

Para la realización del estudio de la Calidad de Agua se tomó una muestra de agua en la zona del curso medio del río San Lucas el día veinticuatro de octubre del dos mil veintitrés, con las siguientes coordenadas geográficas: 13°17'39.8" N, 88° 27'00.6" W, para analizarla posteriormente en el Laboratorio Especializado en Control de Calidad (LECC) se realizó la toma con base a los lineamientos dados en el laboratorio; en una bolsa estéril debidamente etiquetada y se transportó en condiciones favorables de temperatura para la medición de coliformes fecales, fosfatos, nitratos, demanda bioquímica de oxígeno a 5 días (DBO5), turbidez y sólidos disueltos totales (Anexo 2). También se realizó un análisis físico-químico in situ con una sonda multiparamétrica YSI exo 3, donde se obtuvieron los valores de temperatura, pH y oxígeno disuelto (Figura 6).

Figura 6. (A) y (B) Toma de muestras de agua en el curso medio del río San Lucas con una sonda multiparamétrica YSI exo 3.



La calificación de la calidad de agua del río estudiado con relación a su condición general para permitir el desarrollo de vida acuática, se realizó utilizando el Índice de Calidad de Agua (ICA) propuesto por Brown (1970). Para la determinación del “ICA” se utilizaron los nueve parámetros obtenidos en campo y laboratorio: Coliformes Fecales (en NMP/100 mL), pH (en unidades de pH), Demanda Bioquímica de Oxígeno en 5 días (DBO5 en mg/ L), Nitratos (NO3 en mg/L), Fosfatos (PO4 en mg/L), Cambio de la Temperatura (en °C), Turbidez (en UNT), Sólidos disueltos Totales (en mg/L), Oxígeno disuelto (OD en % saturación).

Así mismo a cada parámetro se le asignó un peso correspondiente denominado (W_i) los pesos están establecidos por la metodología del Índice de Calidad de Agua (ICA) los cuales están ponderados entre 0 y 1, de tal forma que se cumpla que la sumatoria sea igual a 1, posteriormente se determinó el peso Subi de cada parámetro establecido por el ICA, el cual indica el nivel de calidad de cada parámetro obtenido. Los valores asignados se ordenaron en una tabla (Tabla 4) para la obtención del ICA de la zona del curso medio del río San Lucas.

Tabla 4. Parámetros físico-químicos y biológicos con los respectivos pesos (W_i) para el cálculo del valor del ICA.

Parámetros	Valores	Subi	W_i	ICA
Coliformes Fecales NMP/100 mL	-	-	0.15	-
PH	-	-	0.12	-
Demanda Bioquímica de Oxígeno DBO5 en mg/ L	-	-	0.10	-
Nitratos mg/L	-	-	0.10	-
Fosfatos mg/L	-	-	0.10	-
Cambio de la Temperatura	-	-	0.10	-
Turbidez	-	-	0.08	-
Sólidos disueltos Totales mg/ L	-	-	0.08	-
Oxígeno disuelto	-	-	0.17	-
Total ICA				

Fuente: SNET (2012)

Se calculo el ICA multiplicando los pesos (Subi) por los pesos (Wi) y se sumaron el total de los valores obtenidos utilizando la siguiente ecuación:

$$ICA_a = \sum_{i=1}^9 (Sub_i * w_i)$$






Donde:

Wi: Pesos relativos asignados a cada parámetro (Subi), y ponderados entre 0 y 1, de tal forma que se cumpla que la sumatoria sea igual a 1.

Subi: Subíndice del parámetro i.

Posteriormente al cálculo del índice de calidad de agua se clasifico la calidad del agua con base a los criterios: Excelente, Buena, Regular, Mala, Pésima (Tabla 5). Donde se interpreta que los distintos niveles de calidad del agua se presentan en una escala de valores de 0 a 100, identificando cada nivel (excelente, buena, regular, mala, pésima) en un color distinto y sus diferentes usos.

Tabla 5. Clasificación del “ICA” propuesto por Brown.

CALIDAD DEL AGUA	COLOR	VALOR	USOS
Excelente		91 a 100	Facilita el desarrollo de vida acuática
Buena		71 a 90	Facilita el desarrollo de vida acuática
Regular		51 a 70	Limita el desarrollo de vida acuática
Mala		26 a 50	Restringe el desarrollo de vida acuática
Pésima		0 a 25	Imposibilita el desarrollo de vida acuática

Fuente: SNET (2012)

Para la interpretación de los datos de acuerdo a su nivel de calidad se describió lo que establece el Servicio Nacional de Estudios Territoriales [SNET], (2012) donde indica lo siguiente: Las aguas que presentan un “ICA” de categoría “Excelente” son capaces de poseer una alta diversidad de la vida acuática, además, el agua también sería conveniente para todas las formas de contacto directo con ella. Las aguas que presentan un “ICA” de categoría “Regular” tienen generalmente menos diversidad de

organismos acuáticos y han aumentado con frecuencia el crecimiento de las algas. Las aguas con un “ICA” de categoría “Mala” apoyan una diversidad baja de la vida acuática y están experimentando probablemente problemas con la contaminación, mientras que las aguas con un “ICA” de categoría “Pésima” pueden solamente apoyar un número limitado de formas de vida acuáticas y generalmente presentan problemas abundantes y no sería considerada aceptable para las actividades que implican el contacto directo con ella y consumo humano.

2.8 Propuestas de acciones a implementar en el río San Lucas.

2.8.1 Plan de Restauración (REM).

Con base a los resultados obtenidos a través del diagnóstico socioeconómico y ambiental y las actividades identificadas en la Evaluación de Impacto Ambiental para el río San Lucas se elaboró una propuesta de plan de restauración denominada Restauración Ecológica de Manglar (REM) según Teutli et al. (2020) consiste en el proceso de asistir a la recuperación de un ecosistema que ha sido degradado, dañado o destruido, para que tenga valores considerados como inherentes al ecosistema y para proporcionar bienes y servicios a la sociedad.

Dicha propuesta del plan REM se socializó con los actores locales de San Dionisio por medio de un taller en las instalaciones de la alcaldía, donde se les indicó a los participantes la condición actual del río y la delimitación de las zonas de intervención, así como los costos requeridos para llevar a cabo el plan de restauración (Figura 7).

Figura 7. Socialización de propuesta del Plan Restauración Ecológica de Manglar (REM) con los actores locales del distrito de San Dionisio, Usulután Este.



2.8.1.1 Delimitación del área de intervención para aplicación del REM y medición de desechos sólidos en área de azolvamiento.

Para el restablecimiento del canal principal en la cuenca baja del río San Lucas a través de las actividades de restauración, se seleccionaron cuatro tramos: A, B, C y D que suman un total de 1.78 km de longitud que conectan con el canal principal del río hacia la desembocadura, debido a las inundaciones que se presentan en esta área del río ya que se encuentra obstruido por desechos sólidos y sedimentos, esto con el fin de recuperar el cauce normal del canal principal del río ya que este posee una bifurcación por dicha problemática. Debido a ello también se realizó un pesaje de desechos sólidos en el área de azolvamiento para identificar la cantidad de desechos sólidos superficiales y subterráneos que están obstruyendo el cauce principal, se utilizó un cuadrante de 5x5 metros para calcular desechos superficiales y un cuadrante de 50x50x50 centímetros cúbicos para los desechos subterráneos, calculando el peso en libras y posteriormente obtener la media (Figura 8).

Figura 8. Actividades para medición de desechos sólidos en zona de azolvamiento del río.



(A) Delimitación del cuadrante 5x5 mts para desechos superficiales, (B) Pesaje de desechos sólidos.

2.8.2 Programa de Educación Ambiental.

La metodología utilizada para realizar el diagnóstico de la realidad ambiental del río San Lucas, fue reunirse con los miembros de la ADESCO EMI y la alcaldía de San Dionisio, de esta manera en forma conjunta con la técnica de lluvia de ideas, se evaluaron las problemáticas ambientales que afectan a los habitantes, a la vez que

se realizaron los recorridos en el río para poder observar de forma directa los factores antropogénicos que impactan en la zona, así mismo se evaluaron los datos obtenidos a través del diagnóstico socioeconómico y ambiental, la evaluación de impacto ambiental y el Índice de Calidad del Agua “ICA”.

Con base a la información primaria y secundaria recolectada y también la guía práctica para elaborar programas de educación ambiental del MARN (2019), se procedió a generar un Programa de Educación Ambiental, el cual contiene las actividades, metodología y evaluación que se deben llevar a cabo para el cumplimiento del plan de acción el cual presenta acciones encaminadas a la restauración del río San Lucas, esta herramienta técnica permite capacitar al grupo meta seleccionado, concientizando y comunicando, sobre la restauración, protección y aprovechamiento que ellos deben implementar para la regeneración del ecosistema.

Posteriormente se llevó a cabo una reunión con los actores locales el dieciséis de mayo del dos mil veinticuatro, donde se socializó el programa de Educación Ambiental y se mostraron los resultados obtenidos con las actividades realizadas (Figura 9). En la reunión ellos brindaron su opinión sobre las propuestas de minimización y mitigación de los impactos antropogénicos en el río San Lucas presentados en el plan de acción y recomendaron posibles soluciones.

Figura 9. *Presentación del programa de Educación Ambiental para el río San Lucas y socialización de resultados con actores locales del distrito de San Dionisio, Usulután Este.*



3.0 RESULTADOS

3.1 Diagnóstico socioeconómico y ambiental del río San Lucas.

En el análisis FODA del río San Lucas se generaron diecinueve estados situacionales que se distribuyeron en seis fortalezas, cuatro oportunidades, cuatro debilidades y cinco amenazas.

Las **fortalezas (internas)** que se identificaron fueron los recursos naturales (REN), economía local (ELO), organización social (OSO), gobernanza territorial (GOT), restauración ecológica (REE), actores institucionales (ACI) (Tabla 6).

Las **oportunidades (externas)** definidas fueron la sostenibilidad ambiental (SOA), desarrollo local (DEL), educación ambiental (EDA), empleos (EMP). Para las **debilidades (internas)** se encontraron impacto antropogénico (IAN), pérdida del ecosistema (PEC), herramientas de gestión ambiental (HGA), deficiencia de aplicación jurídica (DAF) a parte en las **amenazas (externas)** se identificaron impacto social (IMS), pérdida de los recursos naturales (PNA), riesgo económico (RIE), riesgo ambiental (RIA) y fragmentación del hábitat (FHA) (Tabla 6).

En el análisis se pudo observar que el distrito de San Dionisio cuenta con fortalezas y oportunidades muy importantes y claves en la restauración de la economía y el medio ambiente como; los recursos naturales en el río San Lucas que sirven de gran beneficio a la población para el desarrollo de la economía local, así como la participación de instituciones que invierten en proyectos económicos, sociales y ambientales en el distrito y la unidad ambiental de la alcaldía de San Dionisio que podría promover proyectos en pro de mejorar las condiciones ambientales y económicas del distrito.

También se destaca la pérdida de ecosistema por las prácticas agrícolas que incluyen el uso de agroquímicos y la ganadería extensiva a lo largo del río San Lucas que afectan a las especies nativas y migrantes de la zona generando contaminación y fragmentación del hábitat, así mismo, aumentando el riesgo de enfermedades en la

zona afectando a la población, por lo que estas amenazas y debilidades deben tratarse de forma estratégica para minimizar los impactos causado.

Tabla 6. Análisis FODA con sus respectivos estados situacionales, los ámbitos y las variables descritas para el diagnóstico socio-económico y ambiental del río San Lucas, distrito de San Dionisio, Usulután Este.

Ámbito	Fortalezas (internas)	Fortalezas		
		Variable	No	Nombre clave
Ambiental	El ecosistema ribereño del río San Lucas, cuenta con una diversidad de especies de flora y fauna, por lo que sirve como nicho ecológico de varias especies, ayuda a la regulación del clima, la temperatura y otros factores biofísicos en la región por lo que es una importante fuente de recursos naturales.	Recursos naturales	1	REN
Económico	El ecosistema representa una fuente de ingresos económicos y empleos para la comunidad, por el desarrollo de actividades agrícolas y ganaderas.	Economía local	2	ELO
Social	Tienen representación local a través de los líderes comunitarios (ADESCO) que están dispuestos a ser capacitados y trabajar con la comunidad para la conservación y restauración de los recursos ecosistémicos del lugar.	Organización social	3	OSO

Institucional	Se cuenta con mecanismos de coordinación ambiental (Unidad Ambiental de la Alcaldía de San Dionisio)	Gobernanza territorial	4	GOT
Institucional	Se cuenta con: 1. Plan Nacional de Cambio Climático de El Salvador. 2. Programa Nacional de Restauración de Ecosistemas y Paisajes. 3. Programa S.O.S ríos limpios de El Salvador.	Restauración ecológica	5	REE
Institucional	El distrito de San Dionisio cuenta con actores institucionales gubernamentales y no gubernamentales que realizan proyectos económicos, sociales y ambientales para mejorar la calidad de vida de la población residente de la zona (FUNZEL, Ayuda en acción, UFG, UES, ISNA, FIAES, MINSAL, MITUR, entre otros.)	Actores institucionales	6	ACI

Ámbito	Oportunidades (externas)	Oportunidades		
		Variable	No	Nombre clave
Ambiental	La restauración paulatina de la biodiversidad del ecosistema ribereño, la recuperación de las especies nativas, la reproducción de las especies y el equilibrio ecológico.	Sostenibilidad ambiental	7	SOA

Social	Mejorar la calidad de vida de la comunidad, a través de un ecosistema sostenible, disminuyendo enfermedades producidas por la contaminación, producción de recursos hídricos en buen estado para el consumo humano, mayor productividad ecosistémica, crecimiento económico, minimización de los impactos causados por el cambio climático.	Desarrollo local	8	DEL
Social	La Implementación de talleres ambientales y la restauración del ecosistema que involucre a la comunidad local para el manejo adecuado de los recursos naturales, el desarrollo de adecuadas prácticas agrícolas, la recuperación y preservación del ecosistema a través de la alcaldía, escuelas e instituciones gubernamentales y no gubernamentales.	Educación ambiental	9	EDA
Económica	Los programas y planes nacionales que apoyan proyectos vinculados a la restauración de paisajes y ecosistemas, y adaptabilidad al cambio climático, serían una fuente de empleos para la comunidad de igual forma ayudaría a aumentar la actividad productiva del ecosistema.	Empleos	10	EMP

Ámbito	Debilidades (internas)	Debilidades		
		Variable	No	Nombre clave
Ambiental	El río San Lucas se encuentra impactado por la deforestación, la siembra de cultivos de caña de azúcar, maíz, plátanos, entre otros. La ganadería, contaminación de desechos sólidos, contaminación por aguas grises y aguas negras, grandes cantidades de plástico.	Impacto antropogénico	11	IAN
Social	Las inadecuadas prácticas agrícolas, extracción de recursos de forma inadecuada y la falta de sensibilización de la comunidad hacia el cuidado del medio ambiente.	Pérdida del ecosistema	12	PEC
Institucional	La falta de herramientas de gestión ambiental y proyectos enfocados en evaluar y mejorar la situación ambiental del ecosistema del río San Lucas, para mitigar y minimizar los impactos negativos causados por factores antropogénicos.	Herramientas de gestión ambiental	13	HGA
Institucional	La falta de implementación y cumplimiento de leyes ya existentes en El Salvador sobre el manejo de aguas residuales y contaminación ambiental.	Deficiencia de aplicación jurídica	14	DAF

Ámbito	Amenazas (externas)	Amenazas		
		Variable	No	Nombre clave
Social	Generación y probable aumento de diversas enfermedades en la población, debido a la alta contaminación del río y las zonas aledañas, por plásticos, agroquímicos, aguas grises y aguas negras y escasas instituciones que brinden atención a la salud en el distrito.	Impacto social	15	IMS
Económico	Pérdida de la capacidad de productividad del ecosistema, por las inadecuadas prácticas agrícolas, deforestación, contaminación y la falta de implementación de acciones que permitan mantener un equilibrio ecológico.	Pérdida de recursos naturales	16	PNA
Económico	Afectación de cultivos por plagas (insectos, hongos, etc.) que producen pérdidas económicas, el bajo presupuesto público que recibe el distrito, sin espacios y que ayuden a los lugareños a comercializar su producto.	Riesgo económico	17	RIE
Ambiental	Afectación debido a fenómenos meteorológicos y geológicos que causarían grandes impactos negativos al encontrarse con un ecosistema degradado y cada	Riesgo ambiental	18	RIA

	vez más vulnerable ante el cambio climático.		
Ambiental	La expansión de cultivos, la introducción de especies no nativas en el ecosistema como; el mango, mandarina, entre otras, para ser comercializadas, también la introducción de especies invasoras como el lirio de agua de Sudamérica/ jacinto de agua que suelen propagarse de forma muy rápida afectando a otras especies.	Fragmentación del hábitat	19 FHA

3.1.1 Análisis de las variables estratégicas.

Las diecinueve variables identificadas en el mapa de influencia/dependencia del río San Lucas que se obtuvieron a partir de la matriz de dos entradas (Anexo 1) se clasificaron de la siguiente forma (Figura 10):

Variables determinantes o, de entrada: Estas variables resultaron ser (GOT) por sus siglas gobernanza territorial, una fortaleza que se debe trabajar en organizarse aún más para mejorar el sistema, (PNA) pérdida de recursos naturales clasificada como amenaza y pérdida del ecosistema (PEC) la cual es una debilidad que afecta negativamente a las especies nativas y migratorias del río San Lucas (Figura 10, círculo rojo).

Variables claves-retos: (IMS) impacto social que está representado como una amenaza para la localidad ya que la alta contaminación genera e incrementa las diversas enfermedades que afectan directamente a la sociedad, el (IAN) impacto

antropogénico el cual es una debilidad en el sistema que de no cambiar o minimizar repercute fuertemente en el ecosistema y por otro lado también está la variable (RIA) riesgo ambiental que es una amenaza la cual es de gran impacto al encontrarse con un ecosistema vulnerable (Figura 10, círculo rosado).

Variables resultado: (REN) recursos naturales ya que el ecosistema ribereño del río San Lucas cuenta con una diversidad de especies de flora y fauna que son utilizados por la localidad para aumentar su productividad económica, la (REE) restauración ecológica que se busca restaurar y recuperar el ecosistema degradado, ambas son fortalezas que sirven de indicadores para recuperar la biodiversidad de la zona, (EMP) empleo que es una oportunidad que ayudaría a la economía de la localidad a través de la implementación de los proyectos ambientales, también (EDA) educación ambiental es una oportunidad para mejorar las condiciones ambientales del río a través de la concientización ciudadana, (SOA) sostenibilidad ambiental que se representa como oportunidad y (ACI) actores institucionales que sirven de gran beneficio a la alcaldía ya que estos aportan proyectos en diferentes ámbitos para la localidad son fortaleza interna (Figura 10, círculo azul).

Variables objetivo: Las variables resultaron ser (ELO) economía local la cual se define como una fortaleza interna que las autoridades deben trabajar para que aumente y fluya de manera más eficiente en la localidad, (RIE) riesgo económico el cual está representado como una amenaza, debido a las pérdidas económicas por disminución de recursos, bajo presupuesto, entre otros, (DEL) desarrollo local el cual es una oportunidad para el distrito ya que mejoraría la calidad de vida con el desarrollo de un ecosistema sostenible (Figura 10, círculo amarillo).

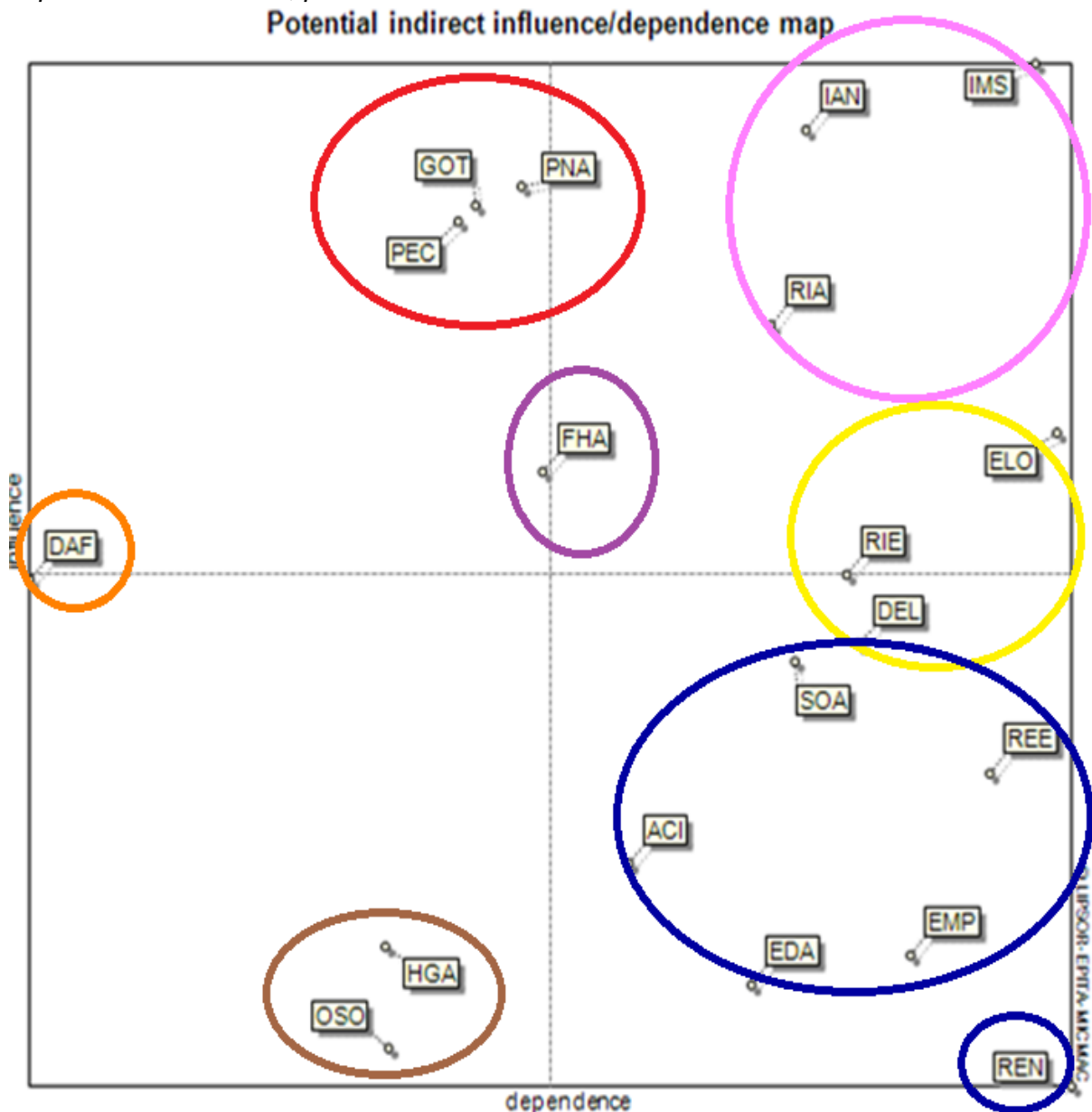
Variables de entorno: (DAF) deficiencia de aplicación jurídica la cual es una debilidad interna y muy importante para lograr la sostenibilidad ambiental a través de la acción ciudadana (Figura 10, círculo naranja).

Variables de regulación: (FHA) fragmentación del hábitat ya que el ecosistema ribereño presenta un patrón discontinuo de las especies que ha ido aumentando con el tiempo por lo que está representado como una amenaza (Figura 10, círculo morado).

Variables autónomas: Estas variables fueron (HGA) herramientas de gestión ambiental de las cuales se carece en el distrito y es una debilidad interna, al igual que

(OSO) organización social la cual es una fortaleza en el sistema socio-económico y ambiental del río San Lucas, debe ser mejor gestionada para obtener resultados favorables en la restauración y recuperación de la biodiversidad (Figura 10, círculo café).

Figura 10. Mapa potencial de influencia indirecta de distribución de las variables de dependencia/ Influencia, para el río San Lucas.



Se distribuyen las variables determinantes (círculo rojo), variables claves (círculo rosado), variables resultado (círculos azules), variables objetivo (círculo amarillo), variables de entorno (círculo naranja), variables de regulación (círculo morado) y variables autónomas (círculo café).

La realización del diagnóstico a través del análisis MICMAC permitió definir áreas concretas y priorizar objetivos sobre las problemáticas socio-económicas y ambientales que atraviesa el río San Lucas, y por consiguiente la comunidad de San Dionisio, lo que da la pauta para la implementación de acciones ambientales, como planes de restauración, planes de monitoreo, planes de aprovechamiento, entre otros.

El poder detectar como variables claves del sistema el (IMS) impacto social el cual se encuentra como una amenaza debido al incremento de enfermedades por la alta contaminación, y el consumo de agua insalubre, así también como variable complemento el (IAN) impacto antropogénico el cual se encuentra como una debilidad del sistema socioeconómico y ambiental, afecta de manera significativa los ecosistemas costeros marinos del río San Lucas, ya que las actividades de ganadería, agricultura, deforestación y contaminación por desechos sólidos han provocado gran parte de la pérdida de los recursos naturales, sumado a ellos la variable (RIA) riesgo ambiental la cual se encuentra como una amenaza debido a la vulnerabilidad que presenta el ecosistema, el que estas variables sean **claves** indica que son muy dependientes de factores externos, por lo que se alteran fácilmente y deben ser prioritarias para el proyecto.

3.2 Levantamiento de inventario de flora y fauna

En los presentes listados de flora y fauna del río San Lucas se constató que los ecosistemas costeros marinos (bosque de galería, desembocadura y manglar) del río San Lucas, albergan una variedad de especies; algunas especies de flora nativas de la zona y otras especies introducidas. Se observaron también aves migratorias que habitan en ciertas épocas del año en la zona, todas juegan un rol en la conservación y el equilibrio ecológico del río.

3.2.1 Especies de flora

En el estudio se identificaron veintidós familias con treinta y tres especies pertenecientes a flora, como; *Senna reticulata* y *Moringa oleífera* (Figura 11). Se encontraron tres especies amenazadas y dos especies en peligro según su estado a nivel nacional, así como, una especie en el apéndice II de CITES y una especie en estado vulnerable según la lista roja UICN (Tabla 7).

Figura 11. Especies de plantas del rio San Lucas. (A) Sambrán (*Senna reticulata*) y (B) *Moringa* (*Moringa oleifera*).



Tabla 7. Listado de especies de flora del río San Lucas, distrito de San Dionisio, Usulután Este.

Vegetación río San Lucas			Estado de conservación		
Familia	Nombre científico	Nombre común	Estado a nivel nacional (MARN 2023)	Apéndice CITES	Categoría según lista roja UICN
Árboles					
Anacardiaceae	<i>Mangifera indica</i>	Mango	-	-	No hay referencias
Anacardiaceae	<i>Spondias purpurea</i>	Jocote	-	-	Menor preocupación (LC)
Arecaceae	<i>Cocos nucifera</i>	Palmera	-	-	No hay referencias
Bignoniaceae	<i>Tabebuia rosea</i>	Maquilishuat	-	-	Menor preocupación (LC)
Boraginaceae	<i>Cordia alliodora</i>	Laurel	-	-	Menor preocupación (LC)
Boraginaceae	<i>Cordia dentata</i>	Tigüilote	-	-	Menor preocupación (LC)
Combretaceae	<i>Terminalia catappa</i>	Almendro	-	-	Menor preocupación (LC)
Combretaceae	<i>Conocarpus erectus</i>	Botoncillo	En peligro	-	No hay referencias
Combretaceae	<i>Laguncularia racemosa</i>	Mangle blanco	En peligro	-	Menor preocupación (LC)
Fabaceae	<i>Pithecellobium lanceolatum</i>	Mangollano	-	-	Menor preocupación (LC)
Fabaceae	<i>Enterolobium Cyclocarpum</i>	Conacaste	-	-	Menor preocupación (LC)
Fabaceae	<i>Samanea saman</i>	Carreto	-	-	Menor preocupación (LC)
Fabaceae	<i>Andira inermis</i>	Almendro de río	-	-	Menor preocupación (LC)
Malvaceae	<i>Ceiba pentandra</i>	Ceibo	-	-	Menor preocupación (LC)
Meliaceae	<i>Cedrela salvadorensis</i>	Cedro	Amenazada	II	Menor preocupación (LC)
Meliaceae	<i>Azadirachta indica</i>	Ním	-	-	Menor preocupación (LC)

Familia	Nombre científico	Nombre común	Estado a nivel nacional (MARN 2023)	Apéndice CITES	Categoría según lista roja UICN
Moraceae	<i>Ficus insipida</i>	Amate	-	-	Menor preocupación (LC)
Moringaceae	<i>Moringa oleifera</i>	Teberinto, Moringa	-	-	Menor preocupación (LC)
Muntingiaceae	<i>Muntingia calabura</i>	Capulín	-	-	No hay referencias
Musaceae	<i>Musa balbisiana</i>	Plátano indio, Plátano macho	-	-	Menor preocupación (LC)
Myrtaceae	<i>Syzygium jambos</i>	Manzana pedorra, Pomarosa	-	-	Menor preocupación (LC)
Polygonaceae	<i>Coccoloba caracasana</i>	Papaturro	-	-	No hay referencias
Rhizophoraceae	<i>Rhizophora mangle</i>	Mangle rojo	Amenazada	-	Menor preocupación (LC)
Rutaceae	<i>Citrus reticulata</i>	Mandarina	-	-	No hay referencias
Salicaceae	<i>Salix humboldtiana</i>	Sauce llorón	-	-	Menor preocupación (LC)
Acanthaceae	<i>Avicennia bicolor</i>	Madresal	Amenazada	-	vulnerable (VU)
Arbustos					
Apocynaceae	<i>Asclepias curassavica</i>	Algodoncillo, Bandera española	-	-	No hay referencias
Fabaceae	<i>Senna reticulata</i>	Sambrán	-	-	Menor preocupación (LC)
Euphorbiaceae	<i>Jatropha curcas</i>	Tempate	-	-	Menor preocupación (LC)
Herbáceas					
Fabaceae	<i>Crotalaria longirostrata</i>	Chipilín	-	-	Menor preocupación (LC)
Euphorbiaceae	<i>Acalypha leptopoda</i>	Gusanito	-	-	No hay referencias
Araceae	<i>Alocasia macrorrhizos</i>	Oreja de elefante	-	-	No hay referencias
Plantas acuáticas					
Pontederiaceae	<i>Eichhornia crassipes</i>	Jacinto de agua	-	-	No hay referencias

3.2.2 Especies de fauna

En cuanto a la fauna se identificaron veinticinco familias con treinta especies pertenecientes a fauna, como la *Iguana iguana* que se encuentra amenazada a nivel nacional y en el apéndice II de CITES (Figura 12). Cinco especies amenazadas y una en peligro según su estado a nivel nacional, ocho especies que aparecen en el apéndice CITES, dos en estado vulnerable y una casi amenazada según la lista roja UICN (Tabla 8).

Figura 12. Madriguera de *Iguana iguana*, en el río San Lucas.



Tabla 8. Listado de especies de fauna del río San Lucas, distrito de San Dionisio, Usulután Este.

Fauna del río San Lucas			Estado de conservación		
Familia	Nombre científico	Nombre común	Estado a nivel nacional (MARN 2023)	Apéndice CITES	Categoría según lista roja UICN
Aves					
Accipitridae	<i>Accipiter bicolor</i>	Gavilán bicolor	-	II	Menor preocupación (LC)
Accipitridae	<i>Buteo albonotatus</i>	Gavilán negro	-	II	Menor preocupación (LC)
Ardeidae	<i>Ardea alba</i>	Garza blanca	-	-	Menor preocupación (LC)
Icteridae	<i>Icterus pectoralis</i>	Chiltota	-	-	Menor preocupación (LC)

Familia	Nombre científico	Nombre común	Estado a nivel nacional (MARN 2023)	Apéndice CITES	Categoría según lista roja UICN
Icteridae	<i>Icterus cucullatus</i>	Calandría dorso negro menor	-	-	Menor preocupación (LC)
Icteridae	<i>Quiscalus mexicanus</i>	Clarinero	-	-	Menor preocupación (LC)
Mimidae	<i>Melanotis hypoleucus</i>	Mulato pecho blanco	-	-	Menor preocupación (LC)
Parulidae	<i>Basileuterus culicivorus</i>	Chipe corona dorada	Amenazada	-	Menor preocupación (LC)
Parulidae	<i>Basileuterus rufifrons</i>	Chipe ceja blanca	-	-	Menor preocupación (LC)
Picidae	<i>Melanerpes aurifrons</i>	Carpintero, Cheje	-	-	Menor preocupación (LC)
Psittacidae	<i>Brotogeris jugularis</i>	Catalnica, Perico garganta naranja	Amenazada	II	Menor preocupación (LC)
Trogonidae	<i>Trogon caligatus</i>	Coa pechoamarillo, Trogón	-	-	Menor preocupación (LC)
Tyrannidae	<i>Pitangus sulphuratus</i>	Cristo fue	-	-	Menor preocupación (LC)
Mamíferos					
Didelphidae	<i>Didelphis marsupialis</i>	Tacuazín	-	-	Menor preocupación (LC)
Felidae	<i>Herpailurus yagouaroundi</i>	Gato zonto	-	-	Menor preocupación (LC)
Canidae	<i>Canis latrans</i>	Coyote	-	-	Menor preocupación (LC)
Mephitidae	<i>Conepatus feuillei</i>	zorrillo	-	-	No hay referencias
Sciuridae	<i>Sciurus variegatoides</i>	Ardilla	-	-	Menor preocupación (LC)
Procyonidae	<i>Procyon lotor</i>	Mapache	-	-	Menor preocupación (LC)

Familia	Nombre científico	Nombre común	Estado a nivel nacional (MARN 2023)	Apéndice CITES	Categoría según lista roja UICN
Reptiles					
Iguanidae	<i>Iguana iguana</i>	Iguana verde	Amenazada	II	Menor preocupación (LC)
Boidae	<i>Boa constrictor</i>	Masacuata	-	II	Menor preocupación (LC)
Colubridae	<i>Leptodrymus pulcherrimus</i>	Bejuquilla cabeza verde	Amenazada	-	Menor preocupación (LC)
Crocodylidae	<i>Crocodylus acutus</i>	Cocodrilo	En peligro	I	Vulnerable (VU)
Emydidae	<i>Trachemys scripta</i>	Tortuga de orejas amarillas	-	-	Menor preocupación (LC)
Geoemydidae	<i>Rhinoclemmys pulcherrima incisa</i>	Tortuga dragón, tortuga de monte	-	-	Casi amenazado (NT)
Iguanidae	<i>Ctenosaura similis</i>	Garrobo, garrobo negro	Amenazada	-	Menor preocupación (LC)
Gekkonidae	<i>Hemidactylus frenatus</i>	Gecko común	-	-	Menor preocupación (LC)
Moluscos					
Arcidae	<i>Anadara tuberculosa</i>	Concha negra	-	-	Vulnerable (VU)
Artrópodos					
Ocypodidae	<i>Ucides occidentalis</i>	Punche, cangrejo	-	-	No hay referencias

3.3 Evaluación de impacto ambiental.

3.3.1 Principales actividades identificadas que afectan el río San Lucas.

- **Agricultura y ganadería.**

La Agricultura y la ganadería son dos de las actividades más importantes realizadas alrededor de casi todo el río San Lucas (Figura 13), gran parte de la población del sitio se dedica a realizar dichas actividades, con lo cual ocasionan un impacto negativo al ambiente, debido a la falta de manejo y un control adecuado.

Según los datos obtenidos a través del Censo Agropecuario, realizado por El Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG) en 2007 en el distrito se contabilizaron un total de 469 productores, de los cuales 233 producen para vender y 236 pequeños productores que cosechan para su consumo cultivos de plátanos, cocos, caña de azúcar, chipilín, ejote, entre otros. Además, existen 848 que son los que se denominan “viviendas con producción solo de patio”; es decir, producen para autoconsumo.

El uso de agroquímicos (plaguicidas, herbicidas e insecticidas) y la ganadería extensiva son una gran fuente de contaminación que representa dos de las mayores problemáticas ambientales en el río San Lucas. En la zona alta no se observó cultivos, en la zona media se pudo observar grandes extensiones de tierra con cultivos de caña de azúcar lo que aumenta la erosión y disminuye la fauna edáfica del bosque ribereño, mientras que en la zona baja gran parte del bosque ribereño se utiliza para criadero de ganado y cultivos de chipilín, plátano, maíz, pipián, entre otros, sumado a ello el uso del río para regadío, lo que produce contaminación del cuerpo hídrico y una gran disminución del ecosistema como del caudal.

Figura 13. Agricultura y ganadería alrededor del río San Lucas.





(A) Plantaciones de caña de azúcar alrededor del curso medio del río, (B) Plantaciones de chipilín en el curso bajo del río, (C) Ganadería extensiva alrededor del curso bajo del río.

- **Deforestación.**

El río San Lucas posee un área degradada de 8,235.22 ha (datos obtenidos del programa QGIS 3.36.2) que son utilizadas para un agroecosistema con cultivos de caña de azúcar, cocos, plátanos, entre otros, lo que representa una gran pérdida de especies nativas con la fragmentación de sus hábitats, además de la explotación de recursos en el área de manglar, asociada a procesos de aprovechamiento forestal por tala selectiva de madera y la extracción de especies para comercialización y autoconsumo de forma indiscriminada, lo cual ha ido aumentando con el tiempo (Figura 14). Se considera que está es una de las actividades de gran impacto negativo en el río San Lucas, lo que provoca zonas de riesgo con áreas de inundación y susceptibles a eventos climatológicos, por las actividades antropogénicas.

Figura 14. Deforestación alrededor del río San Lucas.





(A) Deforestación por tala en zona de manglar (B) Plantaciones de plátano alrededor del curso bajo del río, (C) Plantaciones de maíz alrededor del curso bajo del río.

- **Contaminación por desechos sólidos.**

En los cursos alto, medio y bajo del río San Lucas, se observó una gran contaminación por residuos sólidos, como; botellas, bolsas plásticas, vidrios, entre otros (Figura 15). así mismo, vertidos que desembocan hasta la zona de manglar, donde se encuentra un área azolvada por desechos sólidos la cual posee 4ha y un perímetro de 975m (datos obtenidos del programa QGIS 3.36.2), provocando que el canal se bifurque para poder recorrer su curso y desembocar (Figura 16).

Cabe mencionar que gran parte de los desechos que arrastra el río provienen de la zona de nacimiento en el distrito de Usulután, así como los vertidos de aguas grises y negras provenientes del hospital de Usulután y de las comunidades aledañas, lo que afecta directamente en la salud del ecosistema y de la población de los distritos de Usulután y San Dionisio donde transcurre el cauce del río, convirtiéndose en focos de infección para las personas. Dicha problemática se abordó en el plan de restauración REM, presentado más adelante, donde se brindan medidas de mitigación y minimización del daño ambiental.

Figura 15. Contaminación del río San Lucas.



(A) Desechos sólidos en la zona del curso alto (nacimiento) del río, (B) Desechos sólidos en la zona del curso medio (puente) del río.

Figura 16. Área de azolvamiento en el curso bajo del río donde se presenta el bifurcamiento.



De las principales problemáticas expuestas, la contaminación por desechos sólidos es la que más afecta y deteriora los ecosistemas costeros marinos principalmente bosque de galería, desembocadura y bosque de manglar, esto debido al mal manejo de desechos sólidos por parte de la comunidad y de las instituciones públicas y privadas correspondientes, lo que genera una gran pérdida de hábitat para las especies.

Las prácticas de quema, entierro de la basura y vertederos por parte de las comunidades de San Dionisio y Usulután sobre todo en las zonas rurales cercanas al río San Lucas, debido a la falta de servicio de recolección de basura, sumado a las actividades mencionadas anteriormente aumentan el deterioro del ecosistema ribereño y disminuye los recursos naturales por lo que se genera un gran impacto negativo en la economía local y el medio ambiente.

3.3.2 Identificación de los impactos en el río San Lucas.

Se identificaron un total de veintiún impactos negativos en el río San Lucas asociados a las actividades realizadas a lo largo del río y se clasificaron en los siguientes componentes: Atmosfera, suelo, agua, biótico, socioeconómico, cultural y paisaje, para ser después evaluados en la matriz de Evaluación de Impacto Ambiental.

Dichos impactos negativos se distribuyeron de la siguiente manera: en el componente **atmósfera** se obtuvieron cuatro impactos directos; el aumento de la temperatura, generación de polvo, incremento de fenómenos climatológicos y el incremento de liberación de gases metano por ganadería extensiva alrededor del río (Tabla 9).

En el componente **suelo** se identificaron cuatro impactos; la disminución de la infiltración, contaminación por desechos sólidos en todo el río y azolvamiento, Pérdida de la capacidad productiva y afectación a la fauna edáfica y nutrientes por uso de agroquímicos (Tabla 9).

Para el componente **agua** se asociaron tres impactos; disminución de la biodiversidad acuática debido a su calidad "Regular", contaminación con aguas negras y grises (provenientes del hospital de Usulután, del rastro, y de uso doméstico), contaminación del agua por ganado y uso de agroquímicos y disminución del caudal provocando sequía en período de verano (Tabla 9).

En el componente **biótico** se encontraron cuatro impactos; disminución de la flora nativa, disminución de la fauna nativa, Pérdida de recursos naturales (debido a la sobreexplotación) y la degradación del ecosistema del río San Lucas. En el componente **socioeconómico** se identificaron tres impactos directos; Pérdida del valor económico de la zona, aumento de desempleo y aumento y generación de enfermedades (Tabla 9).

En cuanto al componente **cultural** se obtuvo aumento del impacto antropogénico y en el componente **paisaje** solo se identificó el impacto de fragmentación del hábitat (Tabla 9).

Tabla 9. Impactos negativos identificados en el río San Lucas clasificados según sus componentes (atmósfera, suelo, agua, biótico, socioeconómico, cultural y paisaje) para ser evaluados en la matriz de Valoración de Impacto.

COMPONENTE	IMPACTOS DIRECTOS	No
Atmósfera	Aumento de la temperatura en el municipio por deforestación.	1
	Generación de polvo.	2
	Incremento de fenómenos climatológicos.	3
	Incremento de liberación de gases metano por ganadería extensiva alrededor del río.	4
Suelo	Disminución de la infiltración.	5
	Contaminación por desechos sólidos en todo el río y azolvamiento.	6
	Pérdida de la capacidad productiva.	7
	Afectación a la fauna edáfica y nutrientes por uso de agroquímicos.	8
Agua	Disminución de la biodiversidad acuática.	9
	Contaminación con aguas negras y grises.	10
	Contaminación del agua por ganado y uso de agroquímicos.	11
	Disminución del caudal y sequía en período de verano.	12
Biótico	Disminución de flora nativa (por deforestación y agricultura).	13
	Disminución de fauna nativa (por fragmentación del ecosistema).	14
	Pérdida de recursos naturales (debido a la sobreexplotación).	15
	Degradación del ecosistema.	16
Socioeconómico	Pérdida del valor económico de la zona.	17
	Aumento de desempleo.	18
	Aumento y generación de enfermedades.	19
Cultural	Aumento del impacto antropogénico (contaminación por quema de basura, depósitos de desechos en el río, entre otros.)	20
Paisaje	Fragmentación del hábitat.	21

3.3.3 Análisis y Valoración de los impactos en la matriz de Valoración de Impacto Ambiental.

Los veintiún impactos identificados se analizaron y se les asignó un valor de acuerdo a los criterios ya establecidos por el Método Criterios Relevantes Integrados (CRI), en la Tabla 10. se muestran los resultados obtenidos para cada uno de ellos y el promedio de la magnitud total de los impactos negativos en el río San Lucas.

Tabla 10. Matriz de valoración de Impacto Ambiental con los valores asignados a cada impacto según los criterios de (extensión, intensidad, duración, reversibilidad y riesgo) para la evaluación de impactos a través del Valor de Impacto Ambiental (VIA).

Componente	Impactos directos	Riesgo (20%)			Intensidad (30%)			Extensión (20%)			Reversibilidad (20%)			Duración (10%)			VIA	Relevancia
		alt	med	baj	alt	med	lev	gen	loc	pu n	irre	larg	co rt	larg	me d	cort		
		10	5	2	10	5	2	10	5	2	10	5	2	10	5	2		
Atmósfera	Aumento de la temperatura por deforestación	10				5			5			5			5		6.0	ALTO
	Generación de polvo.			2			2			2		5		10			3.4	BAJO
	Incremento de fenómenos climatológicos.	10				5		10			10			10			8.5	MUY ALTO
	Incremento de liberación de gases metano por ganadería		5			5			5		10			10			6.5	ALTO

Componente	Impactos directos	Riesgo (20%)			Intensidad (30%)			Extensión (20%)			Reversibilidad (20%)		Duración (10%)			VIA	Relevancia	
		alt	med	baj	alt	med	lev	gen	loc	pu n	irre	larg	co rt	larg	me d			cort
		10	5	2	10	5	2	10	5	2	10	5	2	10	5			2
Suelo	extensiva alrededor del río.																	
	Disminución de la infiltración.	10			10				5			5		10			8.0	MUY ALTO
	Contaminación por desechos sólidos y azolvamiento	10			10			10				5		10			9.0	MUY ALTO
	pérdida de la capacidad productiva.	10				5			5			5		10			6.5	ALTO
Afectación a la fauna edáfica y nutrientes por uso de agroquímicos	10			10				5		10			10			9.0	MUY ALTO	

Componente	Impactos directos	Riesgo (20%)			Intensidad (30%)			Extensión (20%)			Reversibilidad (20%)			Duración (10%)			VIA	Relevancia	
		alt	med	baj	alt	med	lev	gen	loc	pu n	irre	larg	co rt	larg	me d	cort			
		10	5	2	10	5	2	10	5	2	10	5	2	10	5	2			
Agua	Disminución de la biodiversidad acuática	10			10				5			10			10			9.0	MUY ALTO
	Contaminación con aguas negras y grises	10			10				5			10			10			9.0	MUY ALTO
	Contaminación del agua por ganado y uso de agroquímicos	10			10				5			10			10			9.0	MUY ALTO
	Disminución del caudal y sequía en periodo de verano.	10			10				5			10			10			9.0	MUY ALTO

Componente	Impactos directos	Riesgo (20%)			Intensidad (30%)			Extensión (20%)			Reversibilidad (20%)			Duración (10%)			VIA	Relevancia
		alt	med	baj	alt	med	lev	gen	loc	pu n	irre	larg	co rt	larg	me d	cort		
		10	5	2	10	5	2	10	5	2	10	5	2	10	5	2		
Biótico	Disminución de flora nativa (por deforestación y agricultura)	10			10				5			5			5		7.5	ALTO
	Disminución de fauna nativa (por fragmentación del ecosistema).	10			10				5			5			5		7.5	ALTO
	Perdida de recursos naturales (debido a la sobreexplotación).	10			10				5			5			10		8.0	MUY ALTO
	Degradación del ecosistema	10			10				5			5			10		8.0	MUY ALTO

Componente	Impactos directos	Riesgo (20%)			Intensidad (30%)			Extensión (20%)			Reversibilidad (20%)			Duración (10%)			VIA	Relevancia
		alt	med	baj	alt	med	lev	gen	loc	pu n	irre	larg	co rt	larg	me d	cort		
		10	5	2	10	5	2	10	5	2	10	5	2	10	5	2		
Socioeconómico	Pérdida del valor económico de la zona.		5			5			5			5			5		5.0	MODERADO
	Aumento de desempleo.	10			10				5			2			5		6.9	ALTO
	Aumento y generación de enfermedades.	10			10			10			10				10		10	MUY ALTO
Cultural	Aumento del impacto antropogénico (contaminación por quema de basura,	10			10			10			5				10		9.0	MUY ALTO

Componente	Impactos directos	Riesgo (20%)			Intensidad (30%)			Extensión (20%)			Reversibilidad (20%)			Duración (10%)			VIA	Relevancia
		alt	med	baj	alt	med	lev	gen	loc	pu n	irre	larg	co rt	larg	me d	cort		
	depósitos de desechos en el río, entre otros.)	10	5	2	10	5	2	10	5	2	10	5	2	10	5	2		
Paisaje	Fragmentación del hábitat.	10			10			10				5		10			9.0	MUY ALTO
Total																	163.8	
VIA Promedio																	7.8	ALTO

3.3.4 Evaluación de los impactos a través del Valor de Índice Ambiental (VIA)

El proceso de valoración se aplicó a un total de veintiún impactos negativos, se muestra el Valor de Impacto Ambiental obtenido a través del Valor de Índice Ambiental (VIA), su relevancia y categoría que se obtuvo de la matriz de Valoración de Impacto Ambiental de las actividades que afectan al ecosistema del río San lucas (Tabla 11). De los veintiún impactos evaluados se obtuvieron trece con valoración MUY ALTO (categoría I), seis con valoración ALTO (categoría II), uno con valoración MODERADA (categoría III) y uno con valoración BAJO (categoría IV). El VIA promedio fue de 7.8 por lo que su valoración es ALTO, indicando que los impactos ambientales negativos ocasionados en el río San lucas son significativos (Tabla 11).

Tabla 11. Impactos evaluados con el Valor de Índice Ambiental obtenido para el río San lucas, distrito de San Dionisio, Usulután Este.

Impactos	VIA	Relevancia	Categoría
Incremento de fenómenos climatológicos.	8.5	MUY ALTO	Categoría I
Disminución de la infiltración.	8.0	MUY ALTO	
Contaminación por desechos sólidos y azolvamiento.	9.0	MUY ALTO	
Afectación a la fauna edáfica y nutrientes por uso de agroquímicos.	9.0	MUY ALTO	
Disminución de la biodiversidad acuática.	9.0	MUY ALTO	
Contaminación con aguas negras y grises.	9.0	MUY ALTO	
Contaminación del agua por ganado y uso de agroquímicos.	9.0	MUY ALTO	
Disminución del caudal y sequía en período de verano.	9.0	MUY ALTO	
Perdida de recursos naturales (debido a la sobreexplotación).	8.0	MUY ALTO	
Degradación del ecosistema.	8.0	MUY ALTO	

Impactos	VIA	Relevancia	Categoría
Aumento del impacto antropogénico (contaminación por quema de basura, depósitos de desechos en el río, entre otros.)	9.0	MUY ALTO	
Aumento y generación de enfermedades.	10.0	MUY ALTO	
Fragmentación del hábitat.	9.0	MUY ALTO	
Aumento de la temperatura por deforestación.	6.0	ALTO	Categoría II
Incremento de liberación de gases metano por ganadería extensiva alrededor del río.	6.5	ALTO	
Perdida de la capacidad productiva.	6.5	ALTO	
Disminución de flora nativa (por deforestación y agricultura).	7.5	ALTO	
Disminución de fauna nativa (por fragmentación del ecosistema).	7.5	ALTO	
Aumento de desempleo.	6.9	ALTO	
Pérdida del valor económico de la zona.	5.0	MODERADO	Categoría III
Generación de polvo.	3.4	BAJO	Categoría IV
VIA TOTAL	7.8	ALTO	Categoría II

Según los resultados obtenidos muestra una congruencia con respecto a lo observado e identificado en campo, así mismo, con el diagnóstico realizado ya que indica que los impactos ambientales de origen antropogénicos, si son significativos y por lo tanto se deben implementar las herramientas técnicas ambientales que se brindan en el presente trabajo.

3.4 Mapa de riesgo del río San Lucas.

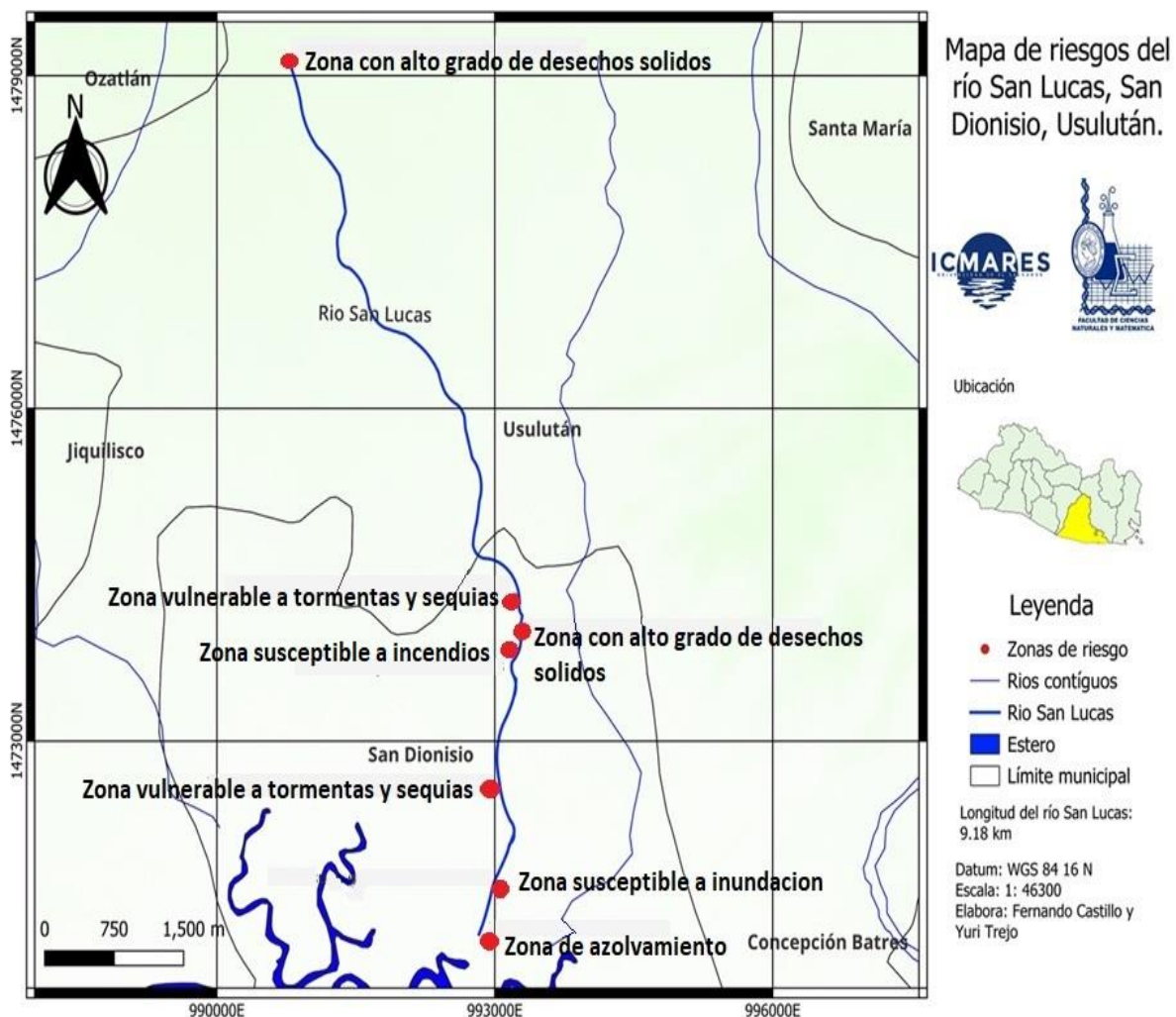
A continuación, se presenta un mapa con los puntos de riesgos identificados con base a las actividades que presentan problemáticas ambientales en el río San Lucas (Figura 17).

En el mapa se puede observar que en el curso alto del río hay una zona con un alto grado de contaminación por desechos sólidos ya que hay abundantes residuos de

plásticos, vidrios, papel, entre otros, que han sido depositados por las comunidades aledañas.

En el curso medio se identificó una zona con alto grado de contaminación por desechos sólidos, una zona vulnerable a tormentas y sequias y una zona susceptible a incendios debido a que gran parte de la zona media del río es utilizada para ganadería y agricultura donde se encuentran cultivos de caña de azúcar en gran expansión, lo que impacta directamente en el suelo y en el ecosistema volviéndolo más vulnerable ante estos eventos creando estas zonas de riesgo. En el curso bajo se identificaron una zona vulnerable a tormentas y sequias, una zona susceptible a inundaciones y zona de azolvamiento, debido a la cantidad de desechos sólidos que ha arrastrado el río se ha producido el azolvamiento lo que produce un área de inundación en época lluviosa sumado a ello las prácticas agrícolas y ganaderas, así como la deforestación en el bosque ribereño y manglar del río San Lucas.

Figura 17. Mapa de puntos identificados como zonas de riesgo alrededor del río San Lucas, Usulután Este.



3.5 Índice de la Calidad del Agua (ICA).

Se reportan en la Tabla 12 los resultados de los datos físico-químicos recolectados en la zona del curso medio del río San Lucas con la sonda multiparamétrica YSI. El cambio en la temperatura fue de 1.89° centígrados, lo que representa una menor variación ya que las temperaturas altas alteran la solubilidad de gases y nutrientes en el agua, así como la densidad, con lo cual contribuye a la proliferación de bacterias y algas tóxicas. En cuanto al oxígeno disuelto se obtuvo un valor de 70.10% el cual es considerado aceptable dentro de los rangos para aguas que se encuentran a temperaturas entre 20 y 30 °C según indica Himanshu (2015), el valor de PH se encontró en el rango alcalino de 8.04 dentro del límite permitido que debe ser menor o igual a 8.4 unidades

Tabla 12. *Parámetros físico-químicos del agua del río tomados con sonda multiparamétrica YSI.*

Parámetro	Parte Media	Límite permitido
Cambio de Temperatura	1.89 °C	Aceptable
Oxígeno Disuelto	70.10%	Aceptable
PH	8.04	≤8.4

Los resultados de los parámetros biológicos y químicos obtenidos del muestreo del curso medio del río San Lucas son los siguientes: nitratos con valores altos de 10 mg/L siendo el valor limite menor a 5 mg/L, fosfatos se encontraron con valores altos en 0.55 mg/L siendo el valor limite menor a 0.15 mg/L según lo indica MARN (2022). Con base a lo que menciona Román (2021) el nitrato (N) y el fosforo (P) son elementos de gran abundancia en la naturaleza terrestre y acuática, ayudando al crecimiento de algas y plantas, pero cuando estos elementos son muy abundantes pueden generar contaminación en el aire, agua y suelo. El fosforo afecta la calidad de las aguas, aumentando procesos de descomposición al agotarse el oxígeno (O₂), tornando las aguas oscuras y provocando malos olores de esta manera se genera turbidez en el agua, por lo cual la turbidez tuvo un valor de 47.0 UNT considerándose muy alta en relación al límite permitido de ≤5 UNT (Tabla 13)

El total de Coliformes fecales fue mayor a 23.0 NMP/100 ml sobrepasando el límite establecido que indica <1.1 NMP/100ml, por lo que el río San Lucas se encuentra

contaminado por aguas negras según los datos obtenidos. La cantidad de sólidos totales disueltos con un valor de 239 mg/L encontrándose en un rango permitido siendo el valor límite de 450 mg/L (MARN, 2022).

En cuanto a la demanda bioquímica de oxígeno a 5 días se obtuvo un valor alto de 9.0 mg/L siendo el valor establecido menor o igual a 4 mg/L. La Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO) es uno de los principales indicadores para evaluar la calidad del agua y la carga de materia orgánica presente en ella. Una DBO elevada puede causar la disminución del oxígeno disuelto, afectando gravemente la vida acuática y los ecosistemas (Química ecológica, 2015).

Tabla 13. *Parámetros biológicos y químicos obtenidos de los análisis del laboratorio (LECC).*

Parámetro	Parte Media	Límites permitidos
Nitratos mg/L	10 mg/L	<5mg/L
Fosfatos mg/L	0.55 mg/L	<0.15mg/L
Demanda bioquímica de oxígeno	9.0 mg/L	≤4 mg/L
Turbidez	47.0 UNT	≤5 UNT
Coliformes fecales NMP/100ml	>23.0 NMP/100ml	<1.1 NMP/100ml
Sólidos totales disueltos mg/L	239 mg/L	≤450 mg/L

El Índice de Calidad del Agua del curso medio del río San Lucas presentó un valor de 65.59 donde se considera de calidad **Regular**; ya que oscila entre el 51 al 70% y según SNET (2012); se infiere que limita el desarrollo de vida acuática y se ha aumentado con frecuencia el crecimiento de las algas (Tabla 14). Esto se debe al gran estado de contaminación en el que se encuentra el río debido a los desechos sólidos que las personas arrojan al río de forma clandestina, al mal manejo por parte de las instituciones, así como los vertidos de aguas grises y aguas negras, lo que perjudica al ecosistema ribereño, afectando la calidad del agua, las especies y a las comunidades aledañas que utilizan el agua para riego de cultivos, fuente de agua para el ganado y también sobreviven de la pesca y extracción de conchas, curiles, entre otros.

La mala calidad del agua también conduce a la problemática social en el área de salud ya que la alta contaminación genera focos de infección y aumento de enfermedades para las comunidades cercanas al río San Lucas en los distritos de Usulután y San Dionisio, los cuales no cuentan con suficientes centros de atención para la salud.

Tabla 14. Resultados del ICA propuesto por Brown para la zona media del río San Lucas.

Parámetros	Subi	Wi	ICA
Coliformes fecales NMP/100ml	70	0.15	10.50
PH	85	0.12	10.20
Demanda bioquímica de oxígeno	40	0.10	4
Nitratos mg/L	50	0.10	5
Fosfatos mg/L	69	0.10	6.90
Cambio de temperatura	82	0.10	8.20
Turbidez	41	0.08	3.28
Solidos disueltos totales mg/L	68	0.08	5.44
Oxígeno Disuelto	71	0.17	12.07
Total ICA		1	65.59

Wi corresponde a los Pesos relativos asignados a cada parámetro (Subi), y ponderados entre 0 y 1, de tal forma que se cumpla que la sumatoria sea igual a 1. Subi es el Subíndice del parámetro i. el ICA total es el resultado de la sumatoria de todos los valores que corresponden a la multiplicación de Subi x Wi.

3.6 Propuesta de acciones a implementar en el río San Lucas.

3.6.1 Plan de Restauración Ecológica de Manglar (REM)

El presente plan de Restauración Ecológica de Manglar (REM) se propuso a la alcaldía de San Dionisio con base al estudio realizado para que sean ellos quienes ejecuten las actividades con ayuda de instituciones gubernamentales o no gubernamentales a fin de poder mitigar los impactos negativos ocasionados por factores antropogénicos.

3.6.1.2 Objetivo del plan.

Proponer acciones encaminadas a la restauración de 49.12 ha del ecosistema ribereño del río San Lucas principalmente el canal azolvado que conecta con su canal principal a la desembocadura.

De acuerdo con el diagnóstico realizado se propone implementar una serie de acciones de restauración del río, entre ellas; el desazolve, limpieza y creación de barreras vivas, entre otras. En el canal de la cuenca baja del río, donde se reestablecerá la hidrogeomorfología de la zona. El desazolve consiste en la remoción de los depósitos de sedimentos o material sólido orgánico que obstruye los flujos de un cauce hidrológico, con la finalidad de lograr mayor capacidad de desagüe y hacer más eficiente la circulación del agua dentro del sitio, de acuerdo con los flujos naturales. Generalmente esta acción consigue restaurar la hidrología del sitio y con ello las condiciones adecuadas para desencadenar el proceso de sucesión secundaria la cual permite el restablecimiento de la vegetación (Teutli et al., 2020).

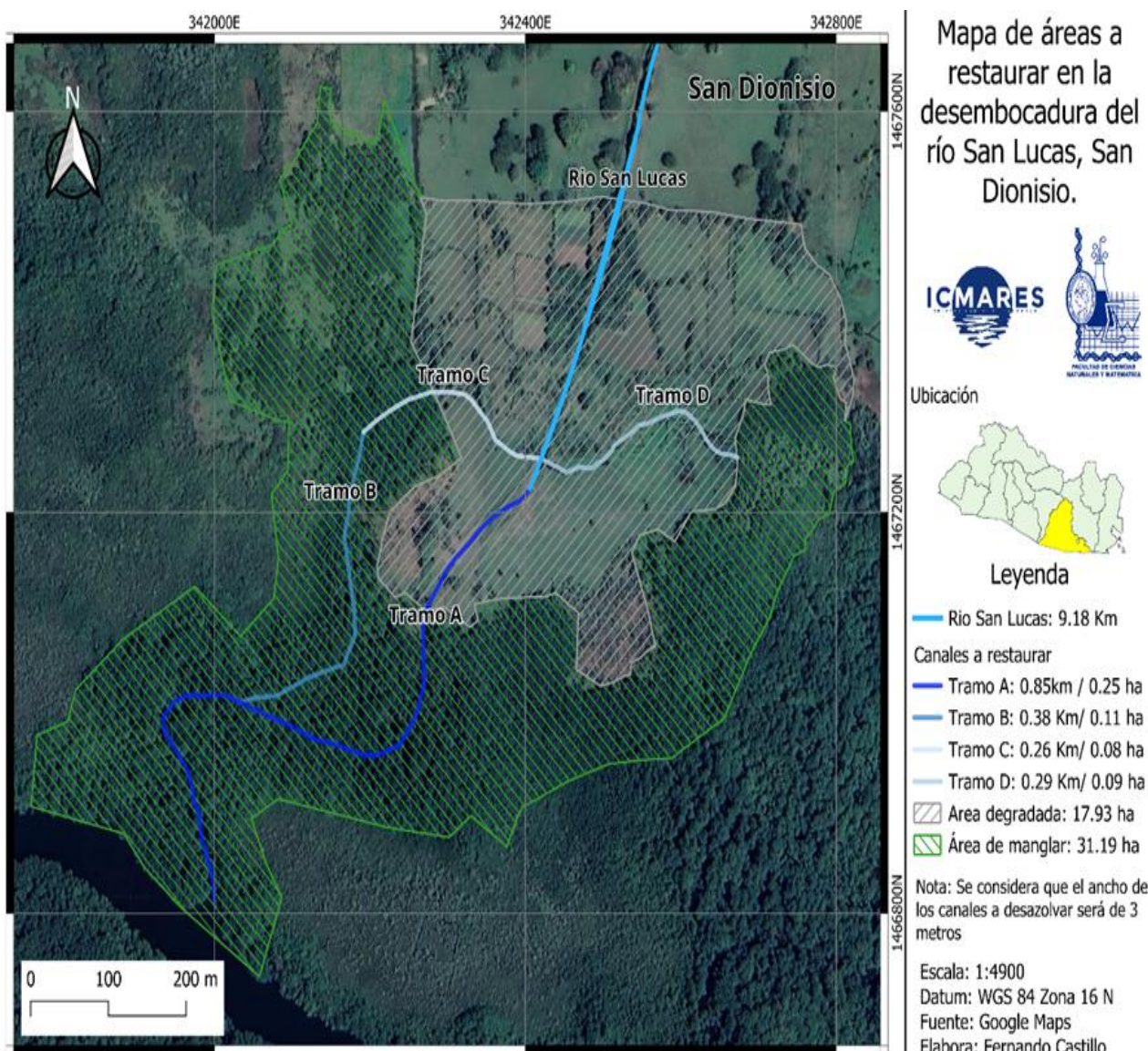
3.6.1.3 Área identificada para aplicación de la técnica REM y total de desechos sólidos identificados en área de azolvamiento.

Para el restablecimiento del caudal del río San Lucas se deberá realizar las acciones de desazolve y limpieza en los siguientes tramos del río seleccionados:

- **Tramo A:** Tramo que conecta al río de su canal principal con la desembocadura al manglar, se realizará la apertura del canal con una dimensión de tres metros de ancho y una longitud de 0.85 km (Figura 18, línea color azul).
- **Tramo B:** Tramo secundario que se encuentra en zona de manglar unido al canal principal, se realizará la apertura del canal con una dimensión de tres metros de ancho y una longitud de 0.38 km (Figura 18, línea color turquesa).
- **Tramo C:** Tramo que conecta la zona degradada con el tramo B que se encuentra en zona de manglar, se realizará la apertura del canal con una dimensión de tres metros de ancho y una longitud de 0.26 km (Figura 18, línea color blanco).
- **Tramo D:** Canal de bifurcación donde actualmente recorre el río por el azolvamiento, se realizará una apertura del canal con una dimensión de tres metros de ancho y una longitud de 0.29 km (Figura 18, línea color celeste).

A través de la apertura de dichos canales (A, B, C y D) se obtendrá un impacto positivo en un área de intervención directa de 0.53 ha, y en un área indirecta a través de limpieza en zona degradada de 17.93 ha y zona de manglar de 31.19 ha, con un total de 49.12 ha a restaurar.

Figura 18. Mapa del área de delimitación para la aplicación de la técnica REM del río San Lucas, distrito de San Dionisio, Usulután Este.



Fuente: Castillo, 2023.

En la Tabla 15 se muestra el presupuesto y las herramientas básicas con la cantidad de insumos, el precio unitario, así como el costo total de los materiales que se deben utilizar por parte de la alcaldía municipal, para llevar a cabo las actividades propuestas de limpieza y desazolve del canal principal y los tramos seleccionados.

Tabla 15. Lista de materiales para desazolve y limpieza de canal.

Insumos	Unidad / medida	Cantidad	Precio unitario	Costo total
Alambre espigado galvanizado de 400 varas.	Rollo	30	\$38.00	\$1,140.00
Rotulación.	Unidad	4	\$200.00	\$800.00
Carretilla de mano.	Unidad	2	\$50.00	\$100.00
Platina de hierro 20cm x 20cm.	Unidad	4	\$80.00	\$320.00
Corvo.	Unidad	20	\$15.00	\$300.00
Cubetas plásticas de 5 galones.	Unidad	10	\$5.00	\$50.00
Garrafas plásticas.	Unidad	2	\$12.00	\$24.00
Grapas alambre espigado.	Libra	20	\$1.25	\$25.00
Guantes de cuero.	Pares	85	\$5.00	\$425.00
Lazo (linga).	Unidad	2	\$91.00	\$182.00
Lima.	Unidad	5	\$13.75	\$68.75
Manguera plástica 3/4".	Unidad	2	\$26.00	\$52.00
Motosierra.	Unidad	5	\$700.00	\$3,500.00
Pala.	Unidad	10	\$8.00	\$80.00
Piocha.	Unidad	10	\$10.95	\$109.50
Repuestos motosierra (cadena y bujía).	Unidad	4	\$7.50	\$30.00
Sacos sintéticos.	Unidad	200	\$0.70	\$140.00
Tecla de 6 toneladas.	Unidad	1	\$250.00	\$250.00
Tubo de 6 pulgadas PVC con llave de paso.	Unidad	2	\$347.00	\$694.00
Gasolina para motosierra.	Galón	40	\$4.50	\$180.00
Total				\$8,470.25

En la Tabla 16 se presenta el presupuesto para la mano de obra necesaria para realizar el plan de restauración, con el número de jornaleros, días de trabajo y el costo total de cada uno de ellos.

Tabla 16. Costos para las actividades de desazolve y limpieza del canal.

Descripción	Unidad	Días hombre (jornales)	Precio unitario (dólares)	Total
Coordinador de las cuadrillas (maestro de obra)	2	60	\$25	\$3,000.00
Jornaleros de limpieza	20	40	\$12	\$9,600.00
Jornaleros de hechura de canal y excavación	40	50	\$12	\$24,000.00
Jornaleros de extracción y depósito de sedimentos	40	50	\$12	\$24,000.00
Total	102	200		\$60,600

En la Tabla 17 se presenta los resultados de desechos superficiales con el peso total en libras, promedio por cuadrante y media total, obtenidos en la zona de azolvamiento y que deberán ser removidos por acciones de limpieza según lo establecido dentro de las áreas delimitadas dentro del plan.

Tabla 17. Cantidad de desechos superficiales en el área de azolvamiento del río San Lucas.

Desechos superficiales				
Cuadrante de 5x5 metros cuadrados	Número de bolsas	Peso en libra	Total por cuadrante	promedio por cuadrante
Primer cuadrante	1	1.1	1.1	1.1
Segundo cuadrante	1	6	23.5	4.7
	2	4.5		
	3	3.5		
	4	5.5		
	5	4		
Tercer cuadrante	1	2.8	2.8	2.8
Total	7	27.4 L	27.4 L	8.6 L
Media				9.13 L

En la Tabla 18 se presenta los resultados de desechos subterráneos con el peso total en libras, promedio por cuadrante y media total, obtenidos en la zona de azolvamiento y que deberán ser removidos por acciones de limpieza en el área delimitada dentro del plan.

Tabla 18. Cantidad de desechos subterráneos en el área de azolvamiento del río San Lucas.

Desechos subterráneos				
Cuadrante de 50x50x50 = 125,000 centímetros cúbicos = 0.125 m3	Número de bolsa	Peso en libra	Total por cuadrante	Promedio por cuadrante
Primer cuadrante	1	1.1	1.1	1.1
Segundo cuadrante	1	2.7	2.7	2.7
Tercer cuadrante	1	1.3	1.3	1.3
Total	3	5.1 L	5.1 L	5.1 L
Media				1.7 L

3.6.1.4 Implementación de barreras vivas.

La implementación de barreras vivas es una de las propuestas de acción que permitirá disminuir la erosión del suelo, mejorar la fertilidad (aportando materia orgánica), ayudar a la retención de humedad, retención de sedimentos que arrastra el agua y crear hábitat para fauna, para ello se establecerán hileras en el margen del cauce de los tramos identificados en el plan REM (Tramo A, B, C y D) con especies de “izote” (*Yucca guatemalensis*) la cual es nativa y es ideal para mantener la fertilidad y estructura del suelo, también especies de “piña de cerco” (*Bromelia karatas*) la cual es muy utilizada como cerca viva por su fruto comestible y sus hojas espinosas. La intervención se realizará de acuerdo a lo establecido por la Guía técnica: Obras de conservación de suelos del Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura [ICA] y el Programa Mundial de Alimentos [PMA], (2017), con los pasos siguientes:

a) Trazado de curvas a nivel.

Las barreras vivas deben ubicarse siguiendo curvas a nivel, ya que estas permiten reducir la velocidad del agua de escorrentía y favorecen la retención de sedimentos. El trazado se realizará marcando la curva a nivel con estacas a lo largo del terreno con una distancia de 2 a 5 metros, asegurando que todas las marcas mantengan la misma altura. Un trazado incorrecto reduciría significativamente la eficiencia de la barrera.

b) Preparación del terreno.

Una vez trazadas las curvas a nivel, se procede a la limpieza manual de la franja donde se establecerá la barrera viva, eliminando malezas sin remover excesivamente el suelo. Posteriormente, se abre un surco superficial siguiendo la curva a nivel, lo cual facilita el establecimiento uniforme del material vegetal y reduce el riesgo de erosión durante la siembra.

c) Establecimiento o siembra de la barrera viva.

La siembra se deberá realizar preferentemente al inicio de la época lluviosa para asegurar una adecuada disponibilidad de humedad. Las plantas se sembrarán en hileras continuas, a tresbolillo (de forma más uniforme en zigzag o en hexágonos) para mayor densidad y distancias de 15 a 20 cm (Figura 18).

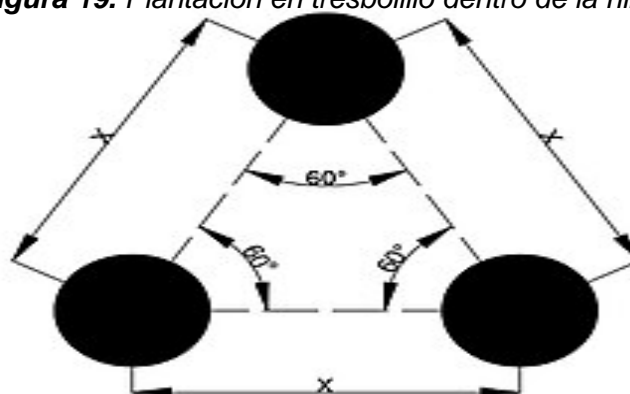
d) Manejo y mantenimiento de las barreras vivas.

Se realizará un control de malezas en el primer año, hasta que la barrera este bien establecida. Así mismo, periódicamente, se debe realizar trabajos de mantenimiento de las barreras vivas, es decir recortarlas, reposición de plantas muertas y control de malezas. El material producto de las podas puede utilizarse como cobertura vegetal, contribuyendo a la conservación de la humedad y al mejoramiento de la fertilidad del suelo.

e) Evaluación de la efectividad.

Posterior al establecimiento, se recomienda realizar evaluaciones periódicas para verificar la efectividad de las barreras vivas en la reducción de la erosión y la acumulación de sedimentos. La observación de terrazas naturales formadas aguas arriba de la barrera indica un funcionamiento adecuado.

Figura 19. Plantación en tresbolillo dentro de la hilera



Fuente: IICA & PMA, 2017.

En la Tabla 19 se muestra el presupuesto para la intervención de 0.53 ha (5,300 mts), con la cantidad de insumo, mano de obra, precio unitario y costo de total.

Tabla 19. Lista de materiales para implementación de barreras vivas en los tramos A, B, C y D dentro del plan REM.

Insumos	Cantidad	Precio Unitario	Costo total
(mano de obra) Trazado a nivel y establecimiento de barreras	15 jornales (20 días)	\$12	\$3,600
Transporte	53 (flete)	\$35	\$1,800
Carretillas de mano	4	\$50	\$200
Pala	10	\$8	\$80
Piocha	10	\$10.95	\$109.50
Plantas	450	\$3.50	\$1,575
Nivel tipo "A"	4	\$15	\$60
Total			\$7,424.50

3.6.1.5 Creación de Ríobarda.

La medida propuesta para minimizar la contaminación ocasionada por la gran cantidad de desechos sólidos en el río San Lucas, es la construcción de una ríobarda, en la zona del curso medio del río, donde se le dará también el debido mantenimiento por parte de las autoridades de la alcaldía de San Dionisio y líderes comunitario de la ADESCO EMI. Según la Intendencia Montevideo (2018) consiste en una alternativa de barrera (trampa) elaborada para detener los residuos y desechos de mayor tamaño, arrastrados desde la cuenca alta de los ríos a las partes medias y bajas. Además, según el MARN (2019) brinda ciertos beneficios a la comunidad aledaña al río, como: nuevos hábitos comunitarios en la separación de desechos desde el origen,

reducción del riesgo por inundaciones, ríos limpios que conserven su flora y fauna tanto acuática como terrestre, mejora del paisaje y atracción turística, entre otros.

A continuación, se describen los pasos a seguir para la creación y mantenimiento de la ríobarda según la Guía para instalación y mantenimiento de ríobardas (MARN, 2019).

a) Coordinación local y alianzas estratégicas con empresas recicladoras.

Establecer reuniones de coordinación con el gobierno local y líderes comunitarios para: definir a las personas responsables en cada etapa del proceso de instalación y mantenimiento, seleccionar el punto del caudal donde se colocará la ríobarda; el cual será en la zona media con las siguientes coordenadas geográficas: 13°17'30.01" N, 88°27'01.02" W. Seleccionar espacio de acopio de materiales recuperados, identificar recursos, promedio de costos y fuentes de financiamiento, establecer alianzas estratégicas con empresas recuperadoras y recicladoras; con intermediarios ubicados en el territorio o que pueden desplazarse para la compra del material reciclable y recuperado de la ríobarda y para ello, entre las empresas recicladoras con capacidad instalada para apoyar el reciclaje del material recolectado por ríobardas se encuentran; TERMOENCONGIBLES S.A de C.V, INSEMA S.A de C.V, ASIPLASTIC S.A de C.V, ECOAMIGOS e IBERPLASTIC S.A de C.V.

b) Selección de botellas plásticas.

Para reunir las botellas necesarias, los líderes comunitarios y representantes de la alcaldía coordinarán las siguientes acciones:

- Calcular la cantidad de botellas que se utilizarán en la ríobarda, por metro lineal se requieren 24 botellas.
- Organizar actividades para recolectar las botellas plásticas de forma cilíndrica de 2.5 o 3 litros, con su respectiva tapadera.
- Remover todas las viñetas y verificar que se encuentren en buenas condiciones las botellas, es decir, que no estén rotas.

c) Elaboración de ríobarda.

- Corte de la malla: la malla debe recortarse a un ancho de 1.05 metros (si fuera unos centímetros más angosta se restaría una o dos botellas,

evitando el riesgo de que se rompa o se afloje). Luego se procederá a hacer un nudo inicial para cerrar el primer extremo de forma circular mediante un lazo de 1/8 de pulgada. El cierre se va tejiendo poco a poco, calculando el largo de un bloque de 8 botella, que se va presionando antes de colocar el siguiente bloque, hasta finalizar con el nudo final en el otro extremo.

- Colocación de las botellas: se acomodan dentro de la malla 8 botellas por bloque, dos llenas con agua del mismo río, ubicadas en la base de la malla tejida y encima 6 botellas vacías hasta dar soporte a la ríobarda. El primer bloque se coloca con el fondo de la botella hacia el nudo y la boquilla hacia el segundo bloque de botellas, de esta forma el orden continúa; boquilla con boquilla y fondo con fondo, hasta finalizar la acomodación de todas las botellas, según el largo estimado de la ríobarda.
- Amarre de la malla: con el lazo de 1/8 de pulgadas se cierra la malla para que las botellas se mantengan ordenadas y estables, se presionan empujándolas en dirección al nudo inicial después de finalizar cada bloque de botellas evitando que se afloje la ríobarda.

d) Anclaje de la ríobarda.

Cuando esté elaborada la ríobarda, asegurados con arnés y chalecos salvavidas, las personas designadas proceden a su instalación y fijación en los puntos estratégicos, estimando el caudal y la velocidad de la corriente (Figura 19).

Figura 20. Estructura de ríobarda instalada.



Fuente: MARN, 2019.

e) Limpieza de la ríobarda.

Los desechos retenidos por la ríobarda deberán ser retirados periódicamente (cuando se haya llenado de desechos) por las personas designadas en el paso 1. Para ello, se desatará un extremo de la ríobarda hasta juntarlo con el otro extremo, en la ribera que sea más apropiada para la separación de desechos confinados (Figura 20). Al momento de la separación se recomienda el uso de guantes de hule para evitar cortaduras al manipular los desechos. Posteriormente dependiendo de la cantidad de materiales obtenidos se trasladan en depósitos o en vehículos de la municipalidad, al lugar elegido para la separación (en orgánica, reciclable y no reciclable), pesaje y acopio hasta el momento de comercialización con las empresas recicladoras.

Figura 21. Limpieza de ríobarda juntando ambos extremos.



Fuente: MARN, 2019.

f) Monitoreo y mantenimiento.

El monitoreo estará a cargo de los líderes comunitarios y el gobierno local (San Dionisio y la ADESCO EMI), que periódicamente y con el equipo de seguridad adecuado, estarán retirando los materiales recuperados para su comercialización y verificando que la ríobarda se encuentre en buen estado. Cuando sea necesario deberá informarse oportunamente sobre las reparaciones necesarias.

Debido al monitoreo se obtendrá información precisa para definir la periodicidad de la limpieza y de esa manera, establecer un control de los desechos retenidos.

En la Tabla 20 se presentan los insumos y los costos unitarios aproximados para la creación de la ríobarda.

Tabla 20. Insumos y costos para la creación de la biobarda.

Insumos	Unidades	Costo	Costo total
Caja de guantes de látex.	2	Unidad \$12.00	\$24.00
Malla Equiplex (polietileno) 30/45-40 mm/mt.	3	Unidad \$10.00	\$30.00
Lazo trenzado rafia con membrana interna, 5/8", 3/4" y 1".	2	Unidad \$35.00	\$70.00
Ancla de hierro, dependiendo del caudal y sustrato de fondo.	2	Unidad \$35.00	\$70.00
Pita con terminador de torsión ¼ (rollo de 10 libras).	1	Unidad \$40.00	\$40.00
Cinta adhesiva.	3	Unidad \$1.50	\$4.50
Total			\$238.50

3.6.2 Programa de Educación Ambiental.

3.6.2.1 Diagnóstico ambiental del río San Lucas.

Las problemáticas priorizadas de acuerdo a las actividades del diagnóstico socioeconómico y ambiental, la evaluación de impacto ambiental y el ICA, fueron las siguientes:

- Contaminación ambiental (aire, suelo, agua).
- Ganadería extensiva.
- Agricultura extensiva.
- Vectores de enfermedades infectocontagiosas.
- Deficiencia en el servicio de recolección de basura y mal manejo de residuos sólidos.

Del análisis de los problemas priorizados en el río San Lucas se obtuvo que el principal problema (o problema central) es el del mal manejo de la basura. Las principales causas de este problema podrían ser que el camión recolector de basura no cubre todas las zonas del distrito, también la creación de vertederos ilegales o clandestinos y la costumbre de los habitantes de arrojar los desechos al río, así mismo la desinformación de la comunidad sobre los reglamentos generales de desechos sólidos que existen en el país. Los impactos que genera la acumulación de basura, son las enfermedades infectocontagiosas y digestivas, ya que esto aumenta la proliferación de distintos organismos en la zona, también causa la erosión de los suelos, contaminación del agua y del aire generando olores fétidos. Con base en lo anterior se ha elaborado un programa de educación ambiental de dos años, el cual contiene talleres, proyectos y campañas que ayudan a minimizar el daño ambiental.

3.6.2.2 Público meta

El presente programa de educación ambiental va dirigido hacia líderes comunitarios de la ADESCO EMI, la Unidad Ambiental de la alcaldía de San Dionisio y jóvenes becados por parte de la alcaldía (mujeres y hombres entre las edades de 18-24 años) que trabajarán en conjunto para la recuperación del río San Lucas.

3.6.2.3 Objetivo general

Generar competencias de manejo y conservación de los recursos naturales del río San Lucas en los líderes comunitarios de la ADESCO EMI, la Unidad Ambiental de la alcaldía de San Dionisio y jóvenes becados por parte de la alcaldía, por medio de un programa de educación ambiental para dos años que contribuya a la sensibilización y desarrollo de capacidades para la restauración del río.

3.6.2.4 Objetivos específicos.

- Desarrollar y fortalecer capacidades de restauración del río en el público meta a través de proyectos, talleres y campañas, para la protección, conservación y manejo sostenible de los recursos naturales del río San Lucas.
- Mejorar las condiciones ambientales y socio-económicas de las comunidades aledañas al río San Lucas.

3.6.2.5 Plan de acción.

En la Tabla 21 se presenta el programa de Educación Ambiental dirigido a los grupos meta.

Tabla 21. Contenido de acciones a ejecutar del programa de Educación Ambiental del río San Lucas.

Programa: Capacitación ambiental para la restauración y manejo del río San Lucas.							
Objetivos: - Desarrollar y fortalecer capacidades de restauración del río en el público meta a través de proyectos, talleres y campañas, para la protección, conservación y manejo sostenible de los recursos naturales del río San Lucas.							
- Mejorar las condiciones ambientales y socio-económicas de las comunidades aledañas al río San Lucas.							
Público meta: Líderes comunitarios de la ADESCO EMI, Unidad Ambiental de la alcaldía de San Dionisio y jóvenes becados por parte de la alcaldía.							
Actividad	Meta	Plazo	Metodología	Recursos	Responsables	Indicador de logro	Evaluación
Organización de un comité medio ambiental.	Se organiza un comité medioambiental con 12 miembros de la ADESCO EMI, jóvenes becados y miembros de la alcaldía de San Dionisio.	1 encuentro de 1 día	<ol style="list-style-type: none"> Se seleccionan a los 12 miembros del comité, dentro de los grupos meta. Designación de los roles de cada individuo dentro del comité. Comunicación del plan de acción. 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Asesoría de un técnico ambiental. ✓ Computador a. ✓ Pizarra. ✓ Plumones. 	Unidad de Proyección Social de la alcaldía de San Dionisio y Técnico ambiental.	Se establece un comité medioambiental con una junta directiva y se indican adecuadamente las atribuciones y responsabilidades de cada individuo.	Registro del número de reuniones realizadas en los dos años y resultados de los proyectos y campañas del plan.

Campaña

Objetivo: Realizar limpieza y colecta de desechos sólidos en las áreas delimitadas del plan REM en el río San Lucas.

Público meta: Jóvenes becados por parte de la alcaldía, Unidad Ambiental de la alcaldía de San Dionisio y líderes comunitarios de la ADESCO EMI.

Actividad	Meta	Plazo	Metodología	Recursos	Responsables	Indicador de logro	Evaluación
Campaña de limpieza del río	Se realizó la limpieza y colecta de residuos sólidos de forma adecuada en el río San Lucas en las áreas delimitadas en el plan REM.	4 campañas anuales. (1 por mes entre el período de enero a mayo)	<ol style="list-style-type: none"> 1. El grupo meta realizará limpieza y colecta de residuos en las zonas delimitadas en el plan de restauración. 2. Separación y clasificación de los residuos. 3. Verificación de la disposición final de ellos. 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Herramientas para limpieza del río (especificadas en el plan REM). ✓ Transporte. ✓ Alimentación. ✓ Equipo adecuado. 	Unidad de Proyección social de la alcaldía de San Dionisio.	Las condiciones ambientales del río han mejorado y la contaminación ha disminuido significativamente.	Por medio de registros fotográficos y registro de los tramos intervenidos.

Campaña

Objetivo: Implementar barreras vivas para reforestar 0.53 ha del río San Lucas en los tramos delimitados dentro del plan REM.

Público meta: Jóvenes becados por parte de la alcaldía de San Dionisio.

Actividad	Meta	Plazo	Metodología	Recursos	Responsable	Indicador de logro	Evaluación
Campaña de reforestación con barreras vivas	Reforestar 0.53 ha del río San Lucas con especies de Izote y piña de cerco, en los tramos delimitados en el plan de restauración en los dos 2 años de duración del programa.	3 campañas anuales (1 por mes entre el período de junio a agosto)	<ol style="list-style-type: none"> 1. Capacitación a los jóvenes becados para la reforestación. 2. Coordinación de entrega de materiales y equipos. 3. Reforestación de las zonas delimitadas. 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Herramientas y equipo para reforestación del río (especificadas en el plan REM). ✓ Transporte. ✓ Alimentación 	Técnico ambiental y Unidad de Proyección social de la alcaldía de San Dionisio	Las barreras vivas se establecieron adecuadamente y se les ha dado el debido mantenimiento.	Registro del mantenimiento periódico de las plantas, observación y registro de la efectividad de las barreras por medio de afiches técnicos.

Taller

Objetivo: Realizar una capacitación al público meta sobre las leyes de manejo de desechos sólidos en el país y legislación ambiental, para que las puedan aplicar en las campañas y proyectos del programa de educación ambiental.

Público meta: Unidad Ambiental de la alcaldía de San Dionisio, líderes comunitarios de la ADESCO EMI y jóvenes becados por parte de la alcaldía de San Dionisio.

Actividad	Meta	Plazo	Metodología	Recursos	Responsables	Indicador de logro	Evaluación
Taller de legislación ambiental y manejo de desechos sólidos	Capacitar a 25 miembros de la Unidad Ambiental de la alcaldía de San Dionisio, líderes comunitarios de la ADESCO EMI y jóvenes becados sobre las leyes de manejo de desechos sólidos en el país y legislación ambiental, para que puedan aplicar las normativas correspondientes en las campañas y proyectos a desarrollarse.	2 encuentros de 2 días	<ol style="list-style-type: none"> 1. Capacitación teórica de las normativas salvadoreñas sobre el manejo de desechos sólidos y legislación ambiental. 2. Actividades prácticas sobre separación de desechos sólidos. 3. Establecer grupos para análisis y discusión de casos reales de contaminación de ríos, entre otros. 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Leyes del manejo de los desechos sólidos (vigentes). ✓ Ley de Medio Ambiente. ✓ Materiales didácticos impresos y audiovisuales. ✓ Materiales para actividades prácticas. 	Técnico Ambiental.	Los participantes conocen las normativas correspondientes y como separar adecuadamente los desechos sólidos.	Análisis de resultados de encuestas cortas antes y después del taller y realización de un mini-teatro ambiental.

Taller

Objetivo: Realizar una capacitación al grupo meta sobre la importancia de los recursos hídricos y conservación del río San Lucas donde aprendan a realizar un monitoreo básico sobre la calidad del agua.

Público meta: Unidad Ambiental de la alcaldía de San Dionisio, líderes comunitarios de la ADESCO EMI y jóvenes becados por parte de la alcaldía de San Dionisio.

Actividad	Meta	Plazo	Metodología	Recursos	Responsables	Indicador de logro	Evaluación
Taller de importancia de los recursos hídricos y conservación del río	Capacitar a 15 miembros de la Unidad Ambiental de la alcaldía de San Dionisio, líderes comunitarios de la ADESCO EMI y jóvenes becados, sobre la importancia del río y la conservación del ecosistema ribereño.	3 Encuentros de 3 días	1. Capacitación teórica haciendo uso de cuadros comparativos del ciclo natural del agua y con intervención antrópica, así mismo se presentarán imágenes descriptivas del tema para una mejor comprensión.	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Materiales didácticos impresos y audiovisuales. ✓ Materiales de medición para campo. ✓ Lista de verificación rápida para el estado del agua. 	Técnico ambiental.	Los participantes identifican el ciclo natural hidrológico y con intervención antrópica así mismo conocen los parámetros para el monitoreo del agua.	participación en las dinámicas ambientales como el árbol ambiental, semáforo ambiental, etc. Y análisis de los resultados de las guías de campo.

Actividad	Meta	Plazo	Metodología	Recursos	Responsables	Indicador de logro	Evaluación
			<p>2. se realizará una visita de campo al río, donde se llevarán a cabo distintas actividades como; estimación de caudal y volumen de cuerpos de agua superficiales, así como verificación del estado del agua a través de la observación (turbidez, olor, sedimentación, etc.) para monitoreo del recurso hídrico.</p>				

Proyecto

Objetivo: Crear una ríobarda como medida de acción para mitigar la gran cantidad de desechos sólidos en el río San Lucas.

Público meta: Unidad Ambiental de la alcaldía de San Dionisio y líderes comunitarios de la ADESCO EMI.

Actividad	Meta	Plazo	Metodología	Recursos	Responsables	Indicador de logro	Evaluación
Proyecto: Creación de ríobarda	Establecer una ríobarda en la zona media del río San Lucas, con la participación activa de 10 miembros del grupo meta, bajo la dirección de un técnico especialista ambiental, siguiendo los lineamientos establecidos en el plan de restauración.	1 mes	<ol style="list-style-type: none"> 1. Capacitación teórica y práctica sobre la creación y mantenimiento de una ríobarda. 2. Establecimiento de la ríobarda bajo los lineamientos dados en el plan de restauración. 3. Mantenimiento y monitoreo de la ríobarda por parte de los miembros seleccionados de los grupos metas. 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Herramientas para creación de ríobarda (especificadas en el plan REM). ✓ Asesoría técnica ambiental. ✓ Materiales audiovisuales para capacitación teórica. ✓ Transporte ✓ Alimentación. 	Técnico ambiental y Unidad de Proyección Social de la Alcaldía de San Dionisio.	La ríobarda se ha establecido correctamente y se encuentra en funcionamiento, así mismo se le está realizando la limpieza y monitoreo debidamente.	Análisis del registro del porcentaje de desechos recolectados y del registro del monitoreo periódico.

Proyecto							
Objetivo: Elaborar composteras como medida de recuperación del suelo del río San Lucas.							
Público meta: jóvenes becados por parte de la alcaldía de San Dionisio.							
Actividad	Meta	Plazo	Metodología	Recursos	Responsables	Indicador de logro	Evaluación
Proyecto: Compostaje	Establecer 30 composteras como abono orgánico para los cultivos, con la participación de 20 jóvenes becados.	3 meses (anuales)	<ol style="list-style-type: none"> 1. Capacitación teórica-práctica sobre elaboración y monitoreo del compost. 2. Desarrollo y establecimiento de 30 composteras. 3. Seguimiento y monitoreo del compost. 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Asesoría del técnico ambiental. ✓ Material didáctico y audiovisual para capacitación teórica. ✓ Herramientas y equipo para elaboración de composteras. ✓ Transporte ✓ Alimentación. 	Técnico ambiental	Se han establecido 30 composteras y se encuentran funcionando correctamente, bajo el debido seguimiento.	Registros fotográficos y análisis de los resultados de las composteras.

3.6.2.6 Monitoreo, evaluación e indicadores del programa

El técnico ambiental encargado de ejecutar el programa junto con la Unidad Ambiental de la alcaldía de San Dionisio, realizará el monitoreo a través de una supervisión de los proyectos que comprende el programa, utilizando para ello una ficha técnica de monitoreo. Los niveles de eficiencia serán estimados mediante una escala de medición de tipo cualitativa, y los monitoreos se realizarán en la etapa inicial, etapa del proceso y finalización de los proyectos. La evaluación de este programa deberá hacerse anualmente, siendo 2 evaluaciones en total, se hará por medio de un FODA y realizando una encuesta a las comunidades de San Dionisio aledañas al río, a través del comité medio ambiental, así mismo se tomarán en cuenta los indicadores de evaluación con base a los objetivos planteados en el programa (Tabla 22).

Tabla 22. *Indicadores de evaluación de impacto del programa de educación ambiental.*

Objetivos específicos	Indicador de evaluación
<ul style="list-style-type: none">• Desarrollar y fortalecer capacidades de restauración del río en el público meta a través de proyectos, talleres y campañas, para la protección, conservación y manejo sostenible de los recursos naturales del río San Lucas.• Mejorar las condiciones ambientales y socio-económicas de las comunidades aledañas al río San Lucas.	<ul style="list-style-type: none">- Porcentaje de asistencia del comité medioambiental a las reuniones.- Registro de informes sobre la ejecución de las medidas implementadas.- Análisis de los resultados de encuestas sobre los proyectos realizados a las comunidades aledañas al río.- Establecimiento y desarrollo de los proyectos planteados en el programa.

4.0 CONCLUSIONES

- A través del desarrollo del estudio fue posible observar que el impacto ambiental más severo es la contaminación por desechos sólidos, ya que el río San Lucas se encuentra con una zona de azolvamiento en el curso bajo, lo que es alarmante para el desarrollo y conservación de las especies y recursos naturales del ecosistema ribereño.
- Las variables claves y determinantes del sistema socioeconómico y ambiental del río San Lucas de acuerdo al análisis estructural resultaron ser: impacto social (IMS), impacto antropogénico (IAN), riesgo ambiental (RIA), gobernanza territorial (GOT), pérdida de recursos naturales (PNA) y pérdida del ecosistema (PEC). Por su alta motricidad y dependencia son las variables prioritarias y se les debe dar una adecuada gestión para la restauración y conservación del ecosistema ribereño, así mismo la variable de regulación importante para el cumplimiento de las variables claves resultó ser fragmentación del hábitat (FHA) por lo que se le debe dar el debido seguimiento y adecuada gestión.
- El río San Lucas posee 30 especies de fauna y 33 especies de flora entre ellas de importancia a nivel nacional como: *Avicennia bicolor* (madre sal), *Cedrela salvadorensis* (cedro), *Leptodrymus pulcherrimus* (bejuquilla), *Basileuterus culicivorus* (chipe corona dorada), *Brotogeris jugularis* (catalnica), *Iguana iguana* (iguana verde), entre otras. Que se encuentran en estado de amenaza en el país, con la implementación del plan de restauración y programa de educación ambiental, se mejorará el ecosistema ribereño y disminuirá la fragmentación del hábitat de estas especies.
- La Evaluación de Impacto Ambiental (EIA) del río San Lucas, indicó que el total de impactos ambientales adversos son significativos (VIA 7.8-ALTO), siendo 13 impactos con una valoración MUY ALTA de 21 impactos evaluados, lo que refleja una situación crítica del estado de contaminación y vulnerabilidad del ecosistema ribereño y la comunidad local.
- Los resultados obtenidos a través del ICA indican un nivel "Regular" (65.59) en la calidad del agua del río San Lucas, por lo que se limita el desarrollo de la vida acuática y no es adecuada para consumo, esto debido a la contaminación por vertidos de aguas grises y negras, así como por el uso de agroquímicos.

- A través de las propuestas de acciones de restauración se podrán restaurar las zonas estratégicas identificadas, estas medidas reestablecerán el cauce principal del río y se disminuirá la cantidad de desechos sólidos que afectan el ecosistema ribereño contrarrestando los impactos antropogénicos y efectos adversos del cambio climático, contribuyendo a la conservación y el desarrollo sostenible de las zonas costeras marinas del río San Lucas.

5.0 RECOMENDACIONES

- Establecer una gobernanza territorial y social más sólida, con la participación activa de todos los actores locales y fortalecer la aplicación jurídica sobre manejo de aguas residuales y contaminación ambiental, para velar por el desarrollo local y sostenibilidad del distrito de San Dionisio y sus recursos naturales.
- Gestionar y priorizar correctamente las variables claves y determinantes que fueron identificadas en el análisis estructural, para futuros proyectos ambientales, estableciendo alianzas estratégicas con diferentes instituciones que brinden una fuente de financiamiento para recuperar la estabilidad del sistema socioeconómico y ambiental del río San Lucas.
- Implementar programas de monitoreo y control de la calidad del agua, en diferentes zonas del curso, midiendo los parámetros biológicos y físico-químicos que permitan conocer el cambio en el estado del recurso hídrico. Debido que en el presente estudio solo se tomó en cuenta un tramo del río por limitaciones económicas y logísticas.
- Darles seguimiento y monitoreo a las medidas implementadas en el plan de restauración y el programa de educación ambiental, para mitigar y minimizar los impactos negativos identificados en el estudio del ecosistema ribereño.
- Realizar estudios para valorizar a nivel ecosistémico tomando en cuenta la densidad y abundancia poblacional de las especies, entre otros factores, para futuras campañas de restauración donde se valore la inserción adecuada de más especies de flora que se encuentran amenazadas en el río San Lucas y han sido identificadas en el presente trabajo de investigación.

6.0 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Amaya, G & Flores, F. (2006). *Incidencias en los recursos costero- marinos por la construcción del puerto en la bahía de La Unión*. [Tesis] Facultad Multidisciplinaria Oriental, Departamento de Ciencias Jurídicas, Universidad de El Salvador, El Salvador. Repositorio UES. <https://repositorio.ues.edu.sv/items/ee43a9f4-a480-4e6a-a41e-39a5e7727536>
- Bau, I., Ulloa, M & Gola, J. (2017). Evaluación ambiental del depósito de residuos sólidos de Katenguenha, Angola. *Revista Minería & Geología*. 33(3), 353-366. Disponible en: <https://www.redalyc.org/journal/2235/223551846008/html/#:~:text=El%20m%C3%A9todo%20de%20CRI%20se,de%20la%20naturaleza%20del%20proyecto.>
- Conesa, V. (2010). *Guía metodológica para la evaluación del impacto ambiental*. Editorial Mundi-Prensa.
- Comisión Centroamericana de Ambiente y Desarrollo [CCAD]. (2010). Listados actualizados de las especies de fauna y flora incluidas en los Apéndices de la CITES, distribuidas en Centroamérica y República Dominicana.
- Erazo, M. (2016). El impacto del cambio climático sobre la vulnerabilidad ecosistémica en El Salvador. *Revista Perspectivas. Fesamericacentral.org*. 6, 1-10. Disponible en: <https://library.fes.de/pdf-files/bueros/fesamcentral/12724.pdf>
- Fundación Nacional para el Desarrollo [FUNDE]. (2014). *Plan participativo período 2015-2019 Municipio de San Dionisio departamento de Usulután*.
- Garza Villegas, J. B., & Cortez Alejandro, D. V. (2011). El uso del método MICMAC y MACTOR análisis prospectivo en un área operativa para la búsqueda de la excelencia operativa a través del Lean Manufacturing. *Innovaciones De Negocios*, 8(16), 335–356. Disponible en: <https://doi.org/10.29105/rinn8.16-6>
- Himanshu, V. (2015). Capítulo 2. Caracterización y Tratamiento de Aguas Residuales Textiles. *Revista Elsevier*. 21-71. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-802326-6.00002-2>

- Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura [IICA] & Programa Mundial de Alimentos [PMA]. (2017). *Guía técnica: Obras de conservación de suelos*.
- Instituto de Ciencias del Mar y Limnología [ICMARES]. (2022). Antecedentes [Internet]. Disponible en: <https://www.cimat.ues.edu.sv/icmares/node/11>
- Intendencia Montevideo. (2025, 9 de septiembre). *¿Cómo armar una biobarda?*. Portal Institucional, Gobierno de Uruguay. Disponible en: <https://montevideo.gub.uy/como-armar-una-biobarda>
- Melone, A. (2007). *Propuesta para desarrollo de una función de transformación para evaluar la calidad ambiental relacionada con impactos sobre vegetación natural terrestre*. [Tesis]. Facultad de Ingeniería, Universidad Católica Andrés Bello, Venezuela.
- Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales [MARN]. (2023). *Listado oficial de especies de vida silvestre amenazadas y en peligro de extinción*. Disponible en: <https://bibliotecaambiental.ambiente.gob.sv/documentos/acuerdo-257-listado-oficial-de-especies-de-vida-silvestre-amenazadas-y-en-peligro-de-extincion/>
- Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales [MARN]. (2018). *Plan de Acción de Restauración de ecosistemas y paisajes de El Salvador con enfoque de mitigación basada en adaptación, proyecto (2018-2022)*. Disponible en: <http://rcc.marn.gob.sv/handle/123456789/283>
- Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales [MARN]. (2023, 22 de mayo). *Acuerdan promover la restauración de los ecosistemas terrestres, marinos y costeros*. Portal de transparencia, Gobierno de El Salvador. Disponible en: <https://marn.gob.sv/acuerdan-promover-la-restauracion-de-los-ecosistemas-terrestres-marinos-y-costeros/>
- Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales de El Salvador [MARN]. (2022). Informe de la calidad de agua de los Ríos de El Salvador. Disponible en: <https://www.snet.gob.sv/UserFiles/hidrologia/CalidaAgua2022.pdf>

Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales de El Salvador [MARN]. (2019). *Guía para instalación y mantenimiento de ríobardas*.

Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales de El Salvador [MARN]. (2019). *Guía práctica para elaborar programas de Educación ambiental*.

Quiteño, H., Abrego, J. & Bonilla, M. (2021). *Aves de El Salvador*. Quiteño Mejía, H. E.

Química Ecológica. (2025, 9 de septiembre). Como reducir el DBO en aguas residuales. Disponible en: https://quimicaecologica.com/como-reducir-el-dbo-en-aguas-residuales/#elementor-toc_heading-anchor-1

Román, V. (2021). *Evaluación de la presencia de nitratos y fosfatos en aguas cercanas a faenas agropecuarias en el sector el Arbolillo, San Javier*. [Tesis] Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad de Talca, Chile. Disponible en: <http://dspace.otalca.cl/bitstream/1950/12466/3/2021A000195.pdf>

SalvaNATURA. (2011). Inventario de Flora Vascular Área Natural Protegida El Espino – Bosque Los Pericos, Parque del Bicentenario. Disponible en: <http://www.salvanatura.org.sv/>

Servicio Nacional de Estudios Territoriales [SNET]. (2012). *Índice de Calidad del Agua general "ICA"*.

Teutli, C., Herrera, J., Cisneros, J., Roman, R. (2020). *Guía para la restauración ecológica de manglares: Lecciones aprendidas*. Proyecto, Mainstreaming Wetlands into the Climate Agenda: A multi-level approach (SWAMP) CIFOR/CINVESTAV-IPN/UNAM-Sisal/PMC.

The Nature Conservancy. (2023, 12 de abril). Restauración ecológica. Disponible en: <https://www.nature.org/es-us/sobre-tnc/donde-trabajamos/tnc-en-latinoamerica/brasil/historias-en-brasil/restauracion-ecologica/#:~:text=La%20restauraci%C3%B3n%20ecol%C3%B3gica%20es%20el,de%20enfoques%20efectivos%20en%20costos>

Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza [UICN]. (2023). The IUCN Red List of Threatened Species. Version 2023-1. Gland (Switzerland):

International Union for Conservation of Nature. Disponible en:
<https://www.iucnredlist.org>

Villatoro, G., Martínez, E. & Chanico, E. (2015). *“Diagnóstico Situacional para Determinar Estrategias y Políticas de Desarrollo Local en el Municipio de San Dionisio”*. [Tesis] Facultad de Ciencias Económicas, Universidad de El Salvador, El Salvador. Repositorio UES. <https://repositorio.ues.edu.sv/items/0ba363f1-3366-4f5f-92e5-d739c355980e>

Villegas, A., Platas, D., Gallardo, F. & Lopez, G. (2021). Análisis estructural MicMac para determinar las variables estratégicas de la agroindustria azucarera en México. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*. 11(6) 1325-1335. Disponible en: <https://doi.org/10.29312/remexca.v11i6.2194>

7.0 ANEXOS

Anexo 1. Calculo en la Matriz de dos entradas, con su calificación de incidencia/dependencia entre variables identificadas para el río San Lucas del análisis MICMAC.

	N°	Variable	Código	REN	ELO	OSO	GOT	REE	ACI	SOA	DEL	EDA	EMP	IAN	PEC	HGA	DAF	IMS	PNA	RIE	RIA	FHA
Fortalezas	1	Recursos naturales	REN	0	3	1	2	1	2	1	2	1	2	0	0	2	0	2	0	2	3	2
	2	Economía local	ELO	3	0	2	2	2	3	1	2	0	3	3	3	0	1	3	3	3	2	2
	3	Organización social	OSO	2	2	0	1	2	3	2	2	2	1	1	1	0	2	2	1	2	1	0
	4	Gobernanza territorial	GOT	3	2	3	0	3	3	2	2	3	3	2	2	2	3	2	2	3	3	2
	5	Restauración ecológica	REE	3	2	2	1	0	2	3	3	3	3	2	0	3	0	3	0	2	1	1
	6	Actores institucionales	ACI	2	3	2	1	2	0	2	2	2	3	2	1	2	0	2	1	1	2	1
Oportunidades	7	Sostenibilidad ambiental	SOA	3	3	2	1	3	2	0	3	3	2	3	0	3	1	2	0	2	2	1
	8	Desarrollo local	DEL	2	3	2	2	3	2	2	0	2	3	2	1	1	0	3	1	3	2	1
	9	Educación ambiental	EDA	1	1	1	0	2	1	2	2	0	1	3	2	2	0	2	2	1	2	2
	10	Empleos	EMP	2	3	1	1	2	1	2	3	1	0	2	1	0	1	2	1	3	1	1
Debilidades	11	Impacto antropogénico	IAN	3	2	1	2	3	2	3	2	3	2	0	3	2	3	3	3	2	3	3
	12	Pérdida del ecosistema	PEC	3	3	1	2	3	1	2	2	3	2	2	0	2	3	3	3	2	3	3
	13	Herramientas de gestión ambiental	HGA	3	2	1	2	3	3	3	2	3	2	3	0	0	0	2	0	1	0	0
	14	Deficiencia de aplicación jurídica	DAF	3	1	2	2	2	1	2	1	1	1	3	2	1	0	2	3	2	3	3
Amenazas	15	Impacto social	IMS	2	3	3	3	2	2	2	2	2	3	3	3	1	3	0	3	3	3	3
	16	Perdida de recursos naturales	PNA	3	3	2	2	3	2	3	2	2	2	2	3	2	1	3	0	3	3	3
	17	Riesgo económico	RIE	2	3	1	3	2	1	2	3	1	3	2	2	1	0	3	3	0	1	2
	18	Riesgo ambiental	RIA	3	3	1	2	3	2	2	2	3	2	2	3	2	1	3	3	2	0	2
	19	Fragmentación del hábitat	FHA	3	2	0	1	3	1	3	2	3	2	2	3	2	1	2	3	2	3	0

Anexo 2. Resultado del análisis químico y biológico del Laboratorio Especializado en Control de Calidad (LECC).



INFORME DE ANÁLISIS

CONTROL: AG-2310-00460 v1

Liderazgo + Excelencia + Compromiso + Confiable

Solicitado por: LAURA MARICELA AGUILAR VILLALTA

Calle San Antonio Abad, No. 1965. S.S., El Salvador
 www.lecc.com.sv Correo: info@lecc.com.sv
 PBX: (503) 2525-0200 WhatsApp: +503 7180-4157

AGUA DE RIO SAN LUCAS

Origen: RIO	Fecha de toma: 23-10-2023	
Lugar: SAN DIONISIO, USULUTÁN	Hora de toma: 10:15	
Muestreó: Cliente	Ingreso de muestra: 24-10-2023	
Coordenadas: Latitud: No disponible Longitud: No disponible	Emisión de informe: 01-11-2023	
Observaciones: No aplica		

RESULTADOS

Determinación	Método	Referencia ¹	Especificación ²	Resultado	Unidades
Demanda Bioquímica de Oxígeno a 5 días *	5210 B	SMEWW 23rd Edition	No Disponible	9.0	mg/L
Sólidos Totales Disueltos	Instrumental	SMEWW 23rd Edition	<=1000	239.0	mg/L
Nitratos*	4500-NO3-H	SMEWW 23rd Edition	<=50	10	mg/L
Fosfatos *	4500-P D	SMEWW 23rd Edition	No Disponible	0.55	mg/L
Turbidez *	2130 B	SMEWW 23rd Edition	<=5	47.0	UNT
Recuento de Coliformes Fecales *	9221 E	SMEWW 23rd Edition	<1.1	>23.0	NMP/100mL

NOTAS:

¹: Cuando no se especifica versión de la referencia debe entenderse que es la edición vigente.

²: Especificaciones: RTS 13.02.01:14 AGUA. AGUA DE CONSUMO HUMANO. REQUISITOS DE CALIDAD E INOCUIDAD

* Ensayos acreditados por OSA con registro N° LEA-05:02 para el alcance detallado en www.osa.gob.sv



ACLARACIONES:

- Los resultados corresponden a la muestra ensayada.
- Este informe no puede ser reproducido de forma parcial.
- Para consultar versión vigente del informe escanear el código QR. El usuario y contraseña es el número de control.
- Puede consultar el significado de las abreviaturas en: www.lecc.com.sv

Autorizado por:

Licda. Carmen Cristina Deras Aquino
 QUÍMICA FARMACÉUTICA
 Insc. JVPQF No. 2562

Signataria autorizada
 Cristina Deras Aquino (QF)

Fecha: 01/11/2023

República de El Salvador
 D.N.M.
 LABORATORIO ESPECIALIZADO EN CONTROL
 DE CALIDAD (LECC)
 Inscripción: E50LT0357
 Propietario: ESEBESA, S.A. DE C.V.
 Municipio: SAN SALVADOR
 Departamento: SAN SALVADOR