

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



**GENERACIÓN DE ACCIONES ASOCIADAS A LA RESTAURACIÓN DE ECOSISTEMAS
COSTERO MARINOS DEL RÍO ZARCO, MUNICIPIO DE SAN DIONISIO, USULUTÁN.**

TRABAJO DE GRADO EN MODALIDAD DE PASANTÍA DE INVESTIGACIÓN
PRESENTADO POR:

LAURA MARICELA AGUILAR VILLALTA

PARA OPTAR AL GRADO DE:

LICENCIADA EN BIOLOGÍA

CIUDAD UNIVERSITARIA, 6 DE DICIEMBRE DE 2024

AUTORIDADES UNIVERSITARIAS
UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR

RECTOR:

M.SC. JUAN ROSA QUINTANILLA

VICERRECTORA ACADÉMICA:

DRA. EVELYN BEATRIZ FARFÁN

VICERRECTOR ADMINISTRATIVO:

M.SC. ROGER ARIAS

SECRETARIO GENERAL:

LIC. PEDRO ROSALÍO ESCOBAR CASTANEDA

FISCAL:

LIC. CARLOS AMÍLCAR SERRANO RIVERA

FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES Y MATEMÁTICA

DECANO

DR. LUIS GILBERTO PARADA GÓMEZ

VICEDECANO:

DR. JOSÉ NERYS FUNES

SECRETARIA

LICDA. ÁNGELA GUDELIA PORTILLO ZELAYA

DIRECTORA DE LA ESCUELA DE BIOLOGÍA:

LICDA. MILAGRO ELIZABETH SALINAS DELGADO

CIUDAD UNIVERSITARIA, DICIEMBRE DE 2024

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

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

TRABAJO DE GRADO EN MODALIDAD DE PASANTÍA DE INVESTIGACIÓN

PRESENTADO POR:

LAURA MARICELA AGUILAR VILLALTA

PARA OPTAR AL GRADO DE:

LICENCIADA EN BIOLOGÍA

ASESORA INTERNA:



M.SC. OLGA LIDIA TEJADA DE PACHECO

ASESOR EXTERNO:



M.SC. OSCAR ARMANDO MOLINA LARA

CIUDAD UNIVERSITARIA, 14 DE OCTUBRE DE 2024

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

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


TRABAJO DE GRADO EN MODALIDAD DE PASANTÍA DE INVESTIGACIÓN
PRESENTADO POR:
LAURA MARICELA AGUILAR VILLALTA

PARA OPTAR AL GRADO DE:
LICENCIADA EN BIOLOGÍA

TRIBUNAL EVALUADOR:



M.SC. MARTA LILIAN QUEZADA ALVARADO



M.ES. OSMÍN POCASANGRE

CIUDAD UNIVERSITARIA, 6 DE DICIEMBRE DE 2024

DEDICATORIA

Con mucho amor a mi madre y abuela, mis pilares.

AGRADECIMIENTOS

A Dios, porque “nada puede llegar a ser sin la acción creadora del Ser”.

A mi madre, por haberme brindado su apoyo incondicional y paciencia, quien, a pesar de los momentos difíciles que atravesamos juntas, siempre creyó en mí, nunca me abandonó y me transmitió la resiliencia a través de su ejemplo, siempre haciendo posible lo imposible.

A mi abuela, por su amor incondicional, apoyo, compañía y guía desde mi niñez. Gracias por enseñarme con tus actos el significado de la fortaleza.

A Omar Alas por su apoyo emocional en este proceso, por sus aportes en la elaboración de este documento, lo cual me ayudó a mejorarlo; gracias por siempre escucharme, alentarme a seguir adelante y a seguir soñando.

A mis asesores: M.Sc. Olga Tejada por hacer posible la realización de esta pasantía, por su apoyo, guía y sus múltiples revisiones que enriquecieron esta investigación; y M. Sc. Óscar Molina por su buena disposición, amabilidad y por compartirme su conocimiento.

A M.Sc. Marta Lilian Quezada y M.ES. Osmín Pocasangre, por su colaboración como parte del tribunal evaluador de esta pasantía, ya que sus conocimientos, experiencia y aportes fueron de gran valor para mi trabajo de graduación.

A la Alcaldía de San Dionisio, quienes permitieron el desarrollo de esta pasantía, por su buena disposición y apoyo logístico. A Fredy Machado y su familia por su hospitalidad, a Salvador Liberato por su amabilidad y su buena disposición a resolver mis dudas y a Don Jacobo por su acompañamiento en campo.

A mis amigas: Rebeca Faustino por brindarme su amistad sincera, por las risas, por sus consejos, compañía y apoyo emocional; y Norma Corvera, amiga y compañera, quien me apoyó a lo largo de la carrera y atravesó junto a mí esa etapa.

A la Familia Solano Rivas porque han sido parte de mi vida, y su amistad y cariño fraternal siempre me ha brindado confort.

A cada uno de ustedes, mi más sincero e infinito agradecimiento.

ÍNDICE GENERAL

| | |
|---|----|
| 1. RESUMEN | 1 |
| 2. INTRODUCCIÓN | 2 |
| 3. METODOLOGÍA..... | 4 |
| 3.1 Institución donde se realizó la pasantía | 4 |
| 3.2 Descripción del área de estudio | 4 |
| 3.2.1 Aspectos Socioeconómicos..... | 6 |
| 3.2.2 Usos del suelo..... | 7 |
| 3.2.3 Organización social | 8 |
| 3.3 Actividades desarrolladas | 9 |
| 3.3.1 Diagnóstico socioeconómico y ambiental..... | 9 |
| 3.3.2 Levantamiento de información de flora y fauna en el río zarco | 14 |
| 3.3.2.1 Flora..... | 15 |
| 3.3.2.2 Fauna..... | 16 |
| 3.3.3 Análisis de calidad del agua..... | 18 |
| 3.3.4 Evaluación de Impacto Ambiental | 21 |
| 3.3.4.1 Identificación de las actividades..... | 21 |
| 3.3.4.2 Identificación de impactos potenciales. | 21 |
| 3.3.4.2.1 Matriz de identificación de impactos. | 22 |
| 3.3.4.3 Evaluación de los impactos..... | 23 |
| 3.3.5 Generación de mapa de problemáticas ambientales | 24 |
| 3.3.6 Plan de acción ambiental | 25 |
| 3.3.6.1 Acciones de restauración ambiental. | 25 |
| 3.3.6.2 Programa de educación ambiental..... | 26 |
| 4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN..... | 28 |

| | |
|---|----|
| 4.1 Diagnóstico socioeconómico y ambiental..... | 28 |
| 4.1.1 Análisis estructural de las variables. | 33 |
| 4.2 Levantamiento de información de Flora y fauna..... | 36 |
| 4.2.1 Flora..... | 36 |
| 4.2.2 Fauna..... | 39 |
| 4.3 Análisis de calidad de agua..... | 40 |
| 4.4 Evaluación de impacto ambiental..... | 44 |
| 4.4.1 Identificación de las actividades..... | 44 |
| 4.4.1.1 Zona baja del río..... | 44 |
| 4.4.1.2 Zona media del río..... | 47 |
| 4.4.1.3 Zona alta del río..... | 49 |
| 4.4.2 Identificación de impactos..... | 51 |
| 4.4.2.1 Matriz de identificación de impactos..... | 51 |
| 4.4.2.2 Descripción de los impactos potenciales..... | 53 |
| 4.4.3 Evaluación de los impactos..... | 56 |
| 4.5 Plan de acción ambiental | 58 |
| 4.5.1 Acciones de restauración | 58 |
| 4.5.1.1 Reforestación en zona de pastizales. | 58 |
| 4.5.1.2 Desazolve en nacimiento # 3 del río Zarco. | 61 |
| 4.5.1.3 Limpieza de dos nacimientos de agua. | 63 |
| 4.5.2 Programa de educación ambiental..... | 66 |
| 4.5.2.1 Identificación del público meta. | 66 |
| 4.5.2.2 Objetivos. | 67 |
| 4.5.2.3 Monitoreo, evaluación e indicadores..... | 74 |
| 4.5.2.4 Cronograma. | 75 |
| 5. CONCLUSIONES..... | 76 |

| | |
|-------------------------------------|----|
| 6. RECOMENDACIONES | 78 |
| 7. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS | 79 |
| 8. ANEXOS | 85 |

ÍNDICE DE FIGURAS

| | |
|--|----|
| Figura 1. Mapa hidrográfico del municipio de San Dionisio, Usulután. Fuente: elaboración propia..... | 5 |
| Figura 2. Mapa de ubicación de la zona de intervención. Fuente: elaboración propia..... | 6 |
| Figura 3. Mapa de uso de suelo en el área aledaña al río Zarco. Fuente: elaboración propia. | 8 |
| Figura 4. a) Reunión realizada con los miembros de la alcaldía de San Dionisio, b) Reunión realizada con los líderes comunitarios. | 9 |
| Figura 5. Socialización con una de las lideresas de la zona. Fuente: Humberto García | 10 |
| Figura 6. Recorrido de reconocimiento y de levantamiento de información primaria, realizado con el acompañamiento de uno de los miembros de la alcaldía municipal de San Dionisio. . | 11 |
| Figura 7. Gráfico de influencia dependencia de las variables del sistema de estudio y su clasificación. Fuente: Arango y Cuevas (2014)..... | 14 |
| Figura 8. Representación gráfica de los transectos a lo largo del río Zarco para toma de datos de flora y fauna. Fuente: elaboración propia..... | 16 |
| Figura 9. Recorrido realizado a lo largo del río para la toma de datos de fauna..... | 17 |
| Figura 10. a) Medición en campo de los parámetros de temperatura, pH y oxígeno disuelto, mediante sonda paramétrica Exo 3. b) vista de la pantalla de la sonda mostrando los valores obtenidos de algunos de los parámetros físico químicos..... | 18 |
| Figura 11. Toma de muestra de agua en bolsas plásticas estériles y debidamente etiquetadas. | 19 |
| Figura 12. Taller de socialización de las propuestas de acción ambiental con actores locales de la municipalidad. | 25 |
| Figura 13. Participación de los actores locales de la municipalidad en la realización de la técnica del árbol de problemas y soluciones. | 26 |
| Figura 14. Esquema del árbol de problemas y soluciones desarrollado en colaboración con los actores locales de la municipalidad, en el cual se discutieron las posibles causas y efectos de los problemas priorizados, así como sus respectivas soluciones. El tronco del árbol es el problema central, las raíces son las causas y la copa los efectos, en la parte inferior se presentan las soluciones sugeridas por los actores locales de la municipalidad. | 27 |
| Figura 15. Análisis estructural de variables asociadas a los ecosistemas costero marinos del río Zarco. En donde se muestran las variables autónomas (círculo celeste), variables de entorno (círculo negro), variables clave (círculo rojo), variables determinantes (círculo amarillo), | |

| | |
|--|----|
| variables reguladoras (círculo naranja), palancas secundarias (círculo verde), variables objetivo (círculo azul), variables resultado (círculo rosa)..... | 35 |
| Figura 16. Especies presentes en el área de estudio: a) <i>Avicennia germinans</i> , b) <i>Laguncularia racemosa</i> , c) <i>Typha</i> sp, d) <i>Andira inermis</i> | 38 |
| Figura 17. Especies presentes en el área de estudio: a) <i>Bubulcus ibis</i> , b) <i>Ucides occidentalis</i> | 40 |
| Figura 18. Pastoreo de ganado en los alrededores de la desembocadura del río Zarco | 45 |
| Figura 19. cultivo de pasto con uso de agroquímicos. | 45 |
| Figura 20. Se observan cultivos de pasto próximos al manglar. | 46 |
| Figura 21. pastoreo de ganado en la zona de manglar..... | 47 |
| Figura 22. lavaderos en uno de los nacimientos de agua. | 48 |
| Figura 23. Tramo del cauce del río Zarco sin su caudal | 49 |
| Figura 24. Zona de pastoreo de ganado, donde también se evidencia tala de árboles. | 50 |
| Figura 25. Mapa de actividades humanas que potencialmente impactan los ecosistemas del río Zarco, San Dionisio, Usulután. Fuente: elaboración propia..... | 51 |
| Figura 26. Ubicación de la zona propuesta para la reforestación aledaña a la zona de manglar, San Dionisio, Usulután. Fuente: elaboración propia. | 58 |
| Figura 27. Vista general de la zona de cultivo de pastizales con potencial para su restauración. | 59 |
| Figura 28. El color naranja indica la ubicación del nacimiento #3 del río propuesto para su limpieza, San Dionisio, Usulután. Fuente: Elaboración propia..... | 62 |
| Figura 29. Los colores rojo y verde indican la ubicación de los sitios propuestos para su limpieza, Río Zarco, San Dionisio, Usulután. Fuente: elaboración propia. | 63 |
| Figura 30. Nacimiento de agua #2 | 64 |

ÍNDICE DE TABLAS

| | |
|---|----|
| Tabla 1. Disposición de la información para su posterior análisis a través de las metodologías Fortalezas, Oportunidades, Debilidades, Amenazas (FODA) y Matrices de Impactos Cruzados Multiplicación Aplicada para una Clasificación (MICMAC). Fuente: Cevillas y Duke (2015). .12 | |
| Tabla 2. Ubicación geográfica de cada transecto, tipo de bosque y tramo del río en el que se realizó.15 | 15 |
| Tabla 3. Tabla para el cálculo del ICA, que muestra los parámetros de calidad del agua, junto con sus unidades de medida y los pesos respectivos (wi). Fuente: SNET (2012).....20 | 20 |
| Tabla 4. Escala de clasificación del ICA propuesta por Brown (1970), donde a cada categoría se asocia un color y un rango de valores. Una disminución en el valor del ICA indica una disminución de la calidad de agua. Fuente: Lobos (como se citó en SNET, 2012).21 | 21 |
| Tabla 5. Componentes ambientales que define el método RIAM. Fuente: Pastakia y Madsen, (1995).22 | 22 |
| Tabla 6. Rangos utilizados en el método RIAM para medir el impacto de ciertos factores, expresados en una escala numérica y alfabética, junto con una descripción que indica la magnitud y la naturaleza del impacto, que va desde un gran impacto positivo hasta un gran impacto negativo. Fuente: Pastakia (1998).....24 | 24 |
| Tabla 7. Análisis FODA mostrando los estados situacionales, ámbitos y variables afines identificadas para los ecosistemas costero marinos del Río Zarco. San Dionisio, Usulután. .29 | 29 |
| Tabla 8. Registro de especies de flora del río Zarco. En donde las categorías de conservación de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (IUCN) son: LC, de preocupación menor y DD: deficiente en datos. Las casillas vacías representan especies que no se incluyen en la respectiva lista.36 | 36 |
| Tabla 9. Número de especies de vegetación y tipo de bosque registrados en cada uno de los tramos del río Zarco.....39 | 39 |
| Tabla 10. Registro de especies de fauna del río Zarco. En donde la categoría de conservación de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (IUCN) es: LC, de preocupación menor. Las casillas vacías representan especies que no se incluyen en la respectiva lista.39 | 39 |
| Tabla 11. Resultados de los parámetros de calidad del agua del río Zarco, San Dionisio, Usulután.....42 | 42 |
| Tabla 12. Resultado ICA del río Zarco, San Dionisio, Usulután. En 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 uno. Subi: Subíndice del parámetro i. La suma de todos los valores $W_i \cdot SUB_i$ dio como resultado el ICA total, que es 69.92.....43

Tabla 13. Matriz de identificación de impactos potenciales asociados a las actividades en el río Zarco que son susceptibles de causar impacto ambiental.52

Tabla 14. Descripción de los impactos potenciales de las actividades identificadas para los componentes ambientales: (F/Q) agua, F/Q suelo, F/Q aire, (B/E) ecosistema, E/O económico/operacional, S/C socio cultural.54

Tabla 15. Determinación del puntaje ambiental de los impactos potenciales.....56

Tabla 16. Valoración de la magnitud de impactos según método RIAM.57

Tabla 17. Costo aproximado para la intervención de 4.2 ha en el río Zarco.61

Tabla 18. Costo aproximado para la intervención en uno de los nacimientos del Río Zarco. 62

Tabla 19. Costo aproximado para la intervención en nacimiento #1 del Río Zarco.....65

Tabla 20. Costo aproximado para la intervención en nacimiento #2 del Río Zarco.....65

Tabla 21. Subprograma de educación ambiental y participación comunitaria.....68

Tabla 22. Subprograma de gestión ambiental.....71

Tabla 23. Subprograma de educación ambiental a productores agropecuarios.....72

Tabla 24. Preguntas de evaluación e indicadores que se pueden realizar de acuerdo a objetivos. Fuente: adaptado de Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales [SEMARNAT] (2010).....74

1. RESUMEN

El objetivo principal de la pasantía de investigación fue impulsar 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. Para cumplir este objetivo se desarrolló un diagnóstico socioeconómico y ambiental, un levantamiento de flora y fauna, la evaluación del impacto ambiental de las actividades, obras o proyectos identificados, la generación de un mapa de las problemáticas identificadas y priorizadas; y el diseño de un plan de acción ambiental para el desarrollo de capacidades en la conservación, restauración y manejo de los recursos naturales. El diagnóstico socioeconómico se realizó mediante un análisis estructural utilizando el método de Matrices de Impactos Cruzados Multiplicación Aplicada para una Clasificación (MICMAC). Para el levantamiento de flora y fauna, se empleó una Evaluación Ecológica Rápida. El análisis de la calidad del agua se llevó a cabo usando el índice de calidad del agua (ICA) propuesto por Brown, para esto, se tomaron muestras de agua en un punto medio del río para medir los parámetros. La evaluación del impacto ambiental se realizó a través de la metodología de evaluación rápida de impactos (RIAM). Por último, la formulación del plan de acción ambiental y la definición de las acciones a implementar, se basaron tanto en las actividades diagnósticas como en la socialización con los actores locales.

Como resultados de esta investigación, se registraron 34 especies de flora pertenecientes a 22 familias y 14 especies de fauna pertenecientes a 13 familias. Se identificaron las actividades susceptibles de causar impactos ambientales y se priorizaron las variables socioeconómicas y ambientales relacionadas con el manejo de los recursos naturales del río Zarco. Para el índice de calidad del agua del río Zarco se obtuvo el valor de 69.92, dentro del rango de 51 a 70. Esto indica que el sitio que se evaluó, presenta una calidad de agua regular. Finalmente, se incluyeron actividades de educación ambiental para dos años y acciones de restauración en el plan de acción ambiental.

2. INTRODUCCIÓN

Los ecosistemas costero marinos y ribereños son fundamentales para los seres vivos y el bienestar humano, nos proporcionan servicios ecosistémicos esenciales como la provisión de agua limpia, alimentos, protección natural y productos forestales, además son fuentes de ingresos para muchas personas (Organización de las Naciones Unidas [ONU], s. f.). Sin embargo, estos ecosistemas se ven constantemente amenazados, debido a las actividades antropogénicas, entre ellas, la contaminación y la modificación del cauce de los ríos (Howard, 2021; Mancera-Pineda *et al.*, 2013).

Los ecosistemas ribereños juegan un papel importante al ser hábitats para la conservación de especies, debido a que mantienen la conectividad del paisaje y funcionan como filtros naturales que transforman y retienen sustancias tóxicas provenientes de las zonas agrícolas (Romero *et al.*, 2014; Vázquez *et al.*, 2015). La contaminación que afecta a los ecosistemas costero marinos a menudo es transportada desde zonas urbanas hacia los ríos, provocando alteraciones en manglares, arrecifes coralinos y lagunas costeras (ONU, 2002).

Ante estas amenazas, la implementación de estrategias de restauración ecológica toma importancia para mitigar los efectos negativos de las actividades humanas. Algunas de estas estrategias son la reforestación, el mantenimiento de comunidades de plantas nativas y la protección de áreas naturales, lo que fortalece la capacidad de los ecosistemas para recuperarse y adaptarse a condiciones ambientales adversas (Cortés *et al.*, 2020; Lindig, 2017; Vargas *et al.*, 2012;).

La educación ambiental también desempeña un papel muy importante al fomentar la conciencia y el respeto hacia el medioambiente, sensibilizando a las comunidades y favoreciendo la realización de acciones de conservación y restauración de los ecosistemas (Ministerio de Medioambiente y Recursos Naturales [MARN], 2019; Vallejos & Callao, 2022;).

El municipio de San Dionisio se ubica en la zona costera del país, por lo cual posee una conexión directa con el estuario de la Bahía de Jiquilisco, lo que le otorga valiosos recursos costero-marinos, áreas de manglar, playas y fuentes de agua dulce, las cuales son fundamentales como zonas de recarga hídrica. Entre los principales cuerpos de agua del municipio destaca el río Zarco (Fundación Nacional para el Desarrollo [FUNDE], 2014). Los

recursos naturales de este río son importantes para el desarrollo de actividades agropecuarias, lo cual genera presiones ambientales sobre dichos recursos. Estas prácticas han reducido la vegetación ribereña, comprometiendo tanto su función ecológica como los servicios que este ofrece.

Debido al impacto ambiental y socioeconómico de las actividades antes mencionadas, se reconoció la necesidad de conservar los ecosistemas y mejorar la resiliencia de las comunidades locales. El objetivo del presente estudio se centró principalmente en proponer 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. Para ello, se realizaron actividades diagnósticas del estado actual del río Zarco, y a partir de ellas se formularon propuestas de acciones ambientales.

La pasantía tuvo como objetivos específicos desarrollar un diagnóstico socioeconómico y ambiental, realizar un levantamiento de flora y fauna, evaluar el impacto ambiental de las actividades, obras o proyectos identificados, generar un mapa específico de las problemáticas identificadas y diseñar un plan de acción ambiental para el desarrollo de capacidades en la conservación, restauración y manejo de los recursos naturales del río Zarco.

3. METODOLOGÍA

3.1 Institución donde se realizó la pasantía

La pasantía de investigación se llevó a cabo en el Instituto de Ciencias del Mar y Limnología (ICMARES). Las actividades se desarrollaron con la coordinación y apoyo del instituto, desde septiembre de 2022 hasta octubre de 2023. El ICMARES es una entidad científica y académica responsable de desarrollar programas y proyectos, con la finalidad de producir conocimiento científico para la conservación y el aprovechamiento sostenible de los ecosistemas marinos y limnológicos. Su misión es investigar y formar recursos humanos en ciencias del mar y limnología, con el fin de apoyar el manejo sostenible de los recursos y el mejoramiento de la calidad de vida. Su visión es ser reconocido a nivel nacional e internacional por su contribución a políticas de conservación y gestión (ICMARES, 2022).

Sus áreas de investigación incluyen ecología marina, gestión marino costera, limnología, oceanografía, pesca y acuicultura. Entre sus atribuciones se encuentran la investigación y la propuesta de medidas para la protección, recuperación y manejo de cuerpos de agua continentales y marítimos; donde El Salvador ejerce derechos de soberanía y jurisdicción. El ICMARES también se encarga de capacitar sobre medidas, normativas jurídicas relacionadas, y proponer reformas o la creación de nuevas normas, incluyendo ordenanzas municipales (ICMARES, 2022).

3.2 Descripción del área de estudio

San Dionisio es un municipio del departamento de Usulután que posee una extensión territorial de 114.95 Kms². La cabecera del Municipio es la ciudad de San Dionisio, situado 8 kilómetros al sur de la ciudad de Usulután, a 14 msnm; con las coordenadas geográficas: 13°17'13" Latitud Norte (LN) y 88°27'35" Latitud Oeste de Greenwich (LWG). Limita al norte y este con el municipio de Usulután, al sur con el Océano Pacífico y al oeste con el municipio de Puerto El Triunfo del departamento de Usulután (Alcaldía Municipal de San Dionisio, 2004).

San Dionisio se encuentra ubicado en la región hidrográfica de la Bahía de Jiquilisco (figura 1); la cual está formada por esteros y canales, barras de arena y playas, islas de diverso

tamaño, un complejo lagunar de agua dulce y la mayor superficie de bosques salados del país. Dicha región es considerada uno de los humedales más importantes de Centroamérica y constituye un hábitat para especies amenazadas; por esta razón fue declarada sitio Ramsar en 2005 y Reserva de la Biosfera en 2007 (Ministerio de Turismo [MITUR], 2019).

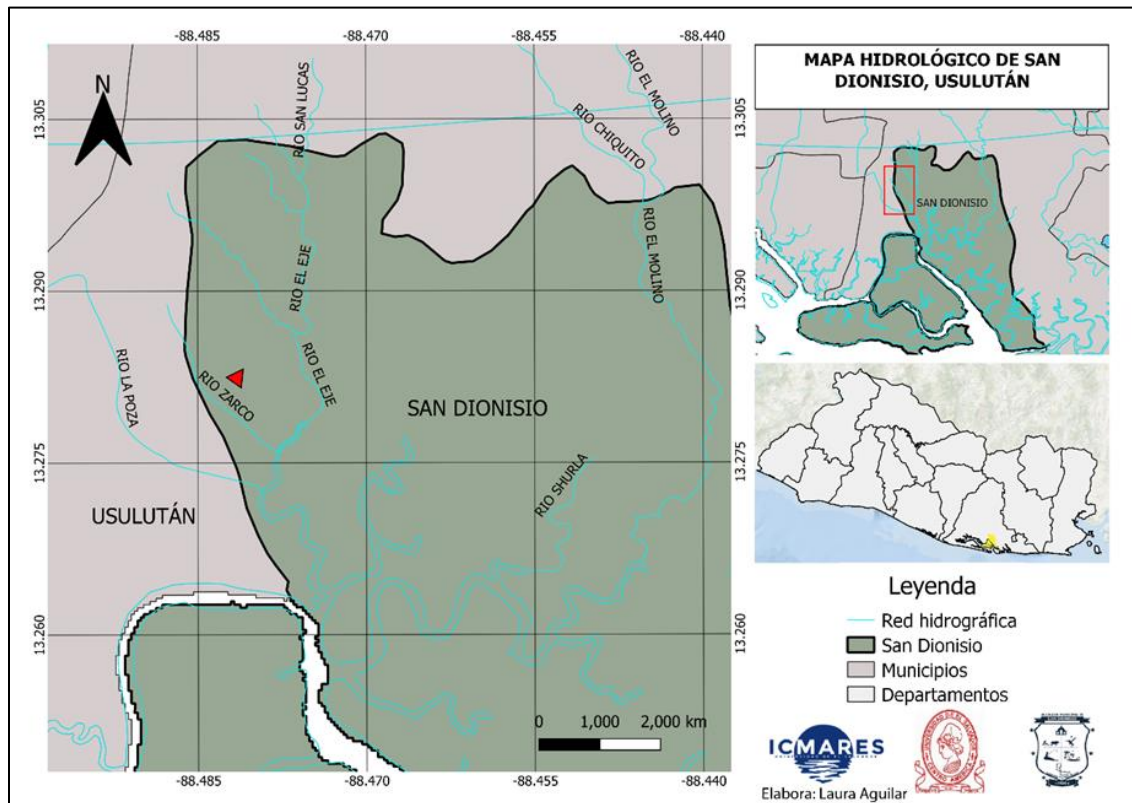


Figura 1. Mapa hidrográfico del municipio de San Dionisio, Usulután. Fuente: elaboración propia.

El río Zarco nace en el municipio de Usulután, y la mayor parte de su curso se encuentra en el cantón San Francisco, ubicado al noroeste del municipio de San Dionisio en el departamento de Usulután (figura 2). Este río forma parte de la Reserva de la Biosfera Xirihualtique-Jiquilisco. Además, el bosque de manglar, situado en la parte baja del río y su desembocadura, está incluido en el Sitio Ramsar Complejo Bahía de Jiquilisco.

El río Zarco constituye uno de los ríos tributarios del bosque de manglar de la Bahía de Jiquilisco. Su desembocadura se encuentra junto a la del río Mundo Nuevo. Posee una longitud aproximada de 3.06 km, un ancho promedio de 2.4 m y una profundidad promedio del cauce

de 0.48m.

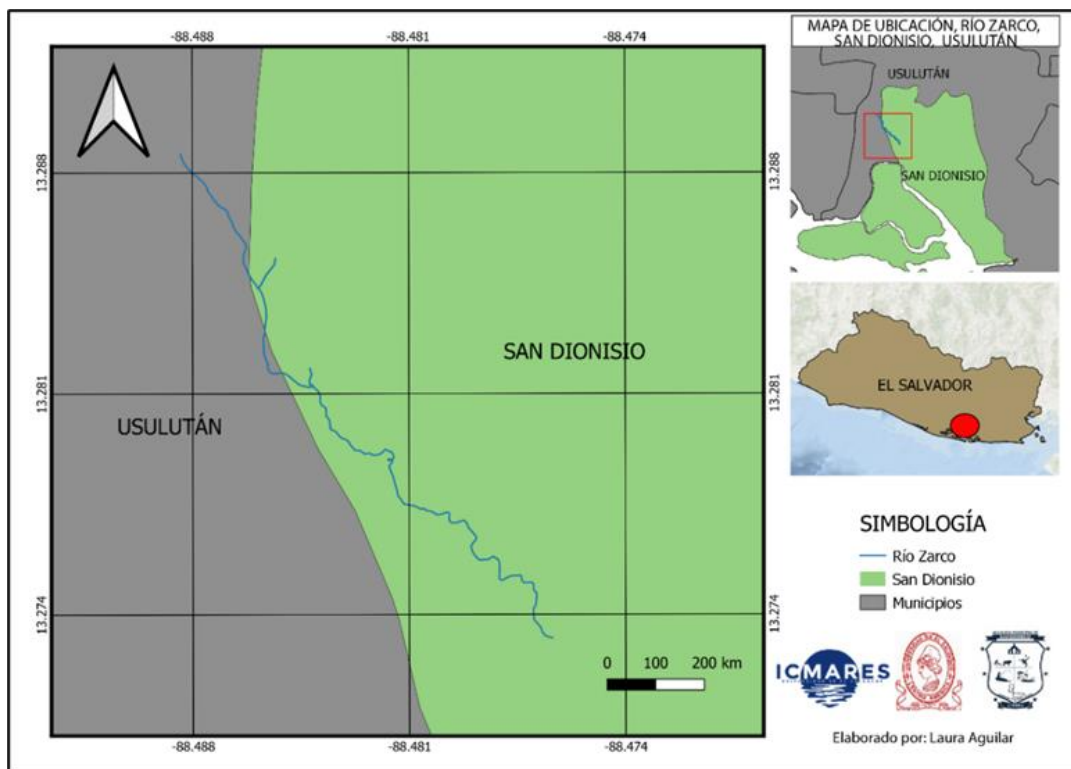


Figura 2. Mapa de ubicación del río Zarco. Fuente: elaboración propia.

3.2.1 Aspectos Socioeconómicos

San Dionisio está conformado territorialmente, en la zona urbana, por 3 barrios, 6 colonias y una lotificación; y en la zona rural, por 6 cantones (tres en tierra y tres en islas) y 36 caseríos (Alcaldía municipal de San Dionisio, 2014a). El 99.8% del territorio es rural, mientras que solo el 0.2% es urbano. Su densidad poblacional es baja, con una población de 4,945 habitantes (Dirección General de Estadística y Censos [DYGESTYC], 2013). El municipio posee un bajo número de contribuyentes, elevados índices de necesidades básicas insatisfechas y una escasa actividad económica (Fundación Nacional para el Desarrollo [FUNDE], 2014; Ministerio de Vivienda (MIVI), 2015a). Se encuentra catalogado como municipio de pobreza extrema a moderada (Ministerio de Vivienda (MIVI), 2015a).

Por otro lado, cuenta con los servicios públicos básicos: telecomunicaciones, energía eléctrica, agua potable, educación, unidad de salud y promotores; también cuenta con un juzgado de paz, un puesto de la policía nacional civil (PNC), y transporte y alumbrado público (Alcaldía

municipal de San Dionisio, 2014b).

Las principales actividades productivas de la zona son la ganadería y la agricultura de subsistencia. Los pobladores se dedican fundamentalmente al cultivo de granos básicos y musáceas como rubro de subsistencia; sin embargo, estas actividades son de baja remuneración: los ingresos generados están por debajo del salario mínimo. El cultivo predominante por su rentabilidad es la caña de azúcar; a pesar de esto, el trabajo en las cañeras es a nivel de asalariado. Otros sectores importantes son la ganadería y la pesca artesanal, pero la dificultad para comercializar algunos productos hace que estas sean de baja rentabilidad (FUNDE, 2014).

Según información obtenida de las entrevistas con los funcionarios municipales son pocos los empleos formales que se generan en el municipio. Los que existen son principalmente en las instituciones gubernamentales presentes: Alcaldía, PNC, Unidad de Salud y MINED. La población genera sus ingresos de empleos informales. Actualmente una opción para que la población consiga empleo seguro es integrándose al Programa de Visas de trabajo de USAID.

Las enfermedades más comunes en la zona se relacionan con un ambiente contaminado, lo cual, aunado a un insuficiente acceso al agua potable, al escaso saneamiento básico y a la deficiente cobertura de salud en caseríos e islas, aumenta el riesgo de diarreas y parasitismos intestinales. Algunos aspectos que inciden en la salud de las personas son el tratamiento inadecuado del agua de consumo, la contaminación de las fuentes de agua, el manejo de la basura y la presencia de vectores como zancudos y roedores (MIVI, 2015a).

La cobertura educativa de San Dionisio es insuficiente, ya que solo cuenta con 8 Centros Educativos para atender a toda la población. Además, existen serias deficiencias en la retención de la población en el sistema educativo formal: los estudiantes no completan el segundo ciclo de educación básica (MIVI, 2015b).

3.2.2 Usos del suelo

En el área aledaña al río Zarco existen zonas donde se cultiva pasto para ganado, zonas de pastoreo, mosaico de pasto y cultivos de plátano (figura 3), tule y vara de tusa. Principalmente, el pastoreo de ganado y el cultivo de pasto generan destrucción de hábitat en el bosque de

manglar y reemplazan la vegetación en el bosque ribereño.

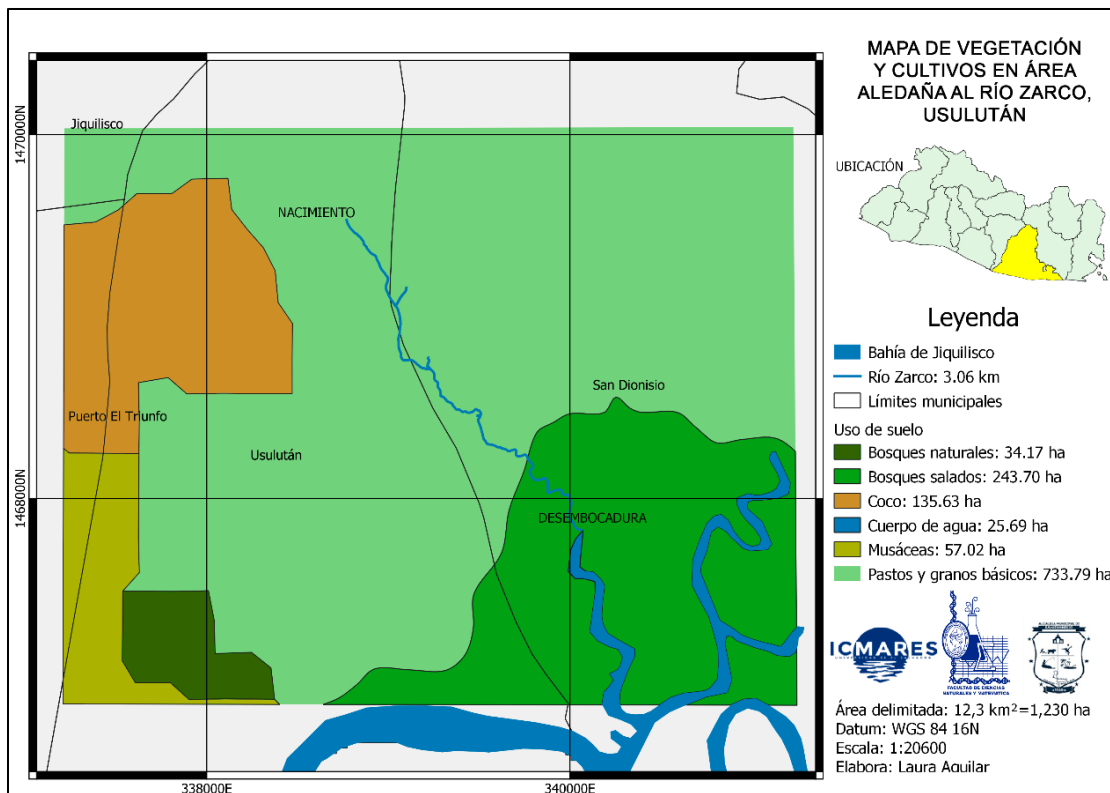


Figura 3. Mapa de vegetación y cultivos en el área aledaña al río Zarco. Fuente: elaboración propia.

3.2.3 Organización social

El municipio está organizado a nivel comunitario y cuenta con la participación de algunos habitantes en Asociaciones de Desarrollo Comunal (ADESCOS) y comités. Cuenta con la presencia de diferentes Instituciones de origen nacional e internacional, con quienes se ha establecido diferentes tipos de coordinación y comunicación a fin de fortalecer y orientar el desarrollo social y económico del municipio (Alcaldía municipal de San Dionisio, 2014a y Ministerio de Vivienda, 2015b). Algunas de las organizaciones que desarrollan proyectos en el municipio son las siguientes: Fundación Salvadoreña para la Promoción Social y el Desarrollo Económico (FUNSALPRODESE), Comité local de derechos de la niñez, Agencia de los Estados Unidos para el Desarrollo Internacional (USAID), World Vision, Asociación de Municipios (ASIBAHÍA), Asociación Oikos Solidaridad e Instituto Salvadoreño de Formación Profesional (INSAFORP).

Entre las principales instituciones que cooperan con el municipio se encuentran empresas privadas, organizaciones no gubernamentales (ONG), universidades privadas, la Universidad de El Salvador, organismos de cooperación internacional y entidades gubernamentales (Alcaldía municipal de San Dionisio, 2014a).

3.3 Actividades desarrolladas

Como parte de la pasantía de investigación, se desarrollaron las siguientes actividades diagnósticas: 1. diagnóstico socioeconómico y ambiental, 2. levantamiento de flora y fauna, 3. análisis de calidad de agua, y 4. evaluación de impacto ambiental; y 5. actividades propositivas: plan de acción medioambiental.

3.3.1 Diagnóstico socioeconómico y ambiental

Se realizaron cinco visitas a campo para identificar y analizar los estados situacionales del área; además de una búsqueda y análisis de la información secundaria referente a las características biofísicas, químicas, socioeconómicas y culturales del sitio de interés, entre otras. Se trabajó en conjunto con los actores locales en dos fases. En la primera fase, se llevaron a cabo dos reuniones: una con los miembros de la Alcaldía de San Dionisio el 22 de septiembre de 2022 (figura 4a), y otra con líderes comunitarios el 23 de febrero de 2023 (figura 4b).



Figura 4. a) Reunión realizada con los miembros de la alcaldía de San Dionisio, b) Reunión realizada con los líderes comunitarios.

En ambas ocasiones se realizaron entrevistas dirigidas con base en formularios (ver anexos 1 y 2), con el objetivo de que los actores locales expresaran las problemáticas medioambientales que se presentan en las comunidades aledañas al río Zarco y sugirieran proyectos productivos o de restauración ecológica que consideraran de interés en la zona (figura 5).



Figura 5. Socialización con una de las lideresas de la zona. Fuente: Humberto García

En la segunda fase se realizaron cuatro visitas de campo los días 30 de enero, 22 de febrero, y 23 de febrero de 2023; con una última visita destinada a la toma de muestras para el análisis de parámetros físico-químicos y microbiológicos, el día 24 de octubre de 2023. Estas visitas tuvieron como finalidad obtener información primaria del área de estudio; y se llevaron a cabo con el acompañamiento de actores locales que conocían la zona (figura 6).



Figura 6. *Recorrido de reconocimiento y de levantamiento de información primaria, realizado con el acompañamiento de uno de los miembros de la alcaldía municipal de San Dionisio.*

A partir del análisis de la información secundaria pertinente y de la información primaria recolectada en campo se utilizó el análisis FODA (Fortalezas, Oportunidades, Debilidades, Amenazas), el cual permitió sistematizar los estados situacionales, es decir las condiciones ambientales y sociales observadas y recopiladas (López & Flores, 2013), para definir, posteriormente, las medidas de protección y restauración de los ecosistemas.

Se utilizó el método de Matrices de Impactos Cruzados Multiplicación Aplicada para una Clasificación (MICMAC), elaborado por M. Godet (1997); mediante el cual los estados situacionales fueron definidos como variables, con la finalidad de comprender el sistema socioeconómico y ambiental del río Zarco. Dicho sistema está constituido por el conjunto de circunstancias ambientales, sociales y económicas que interactúan entre sí y que son importantes para el éxito en la gestión efectiva de los recursos naturales del río Zarco.

Se realizó una matriz que permitió identificar las principales variables influyentes y dependientes que son prioritarias para el apropiado desarrollo de las condiciones del lugar. Las variables se ordenaron como se muestran en la tabla 1.

Tabla 1. Disposición de la información para su posterior análisis a través de las metodologías Fortalezas, Oportunidades, Debilidades, Amenazas (FODA) y Matrices de Impactos Cruzados Multiplicación Aplicada para una Clasificación (MICMAC). Fuente: Cevillas y Duke (2015).

| Ámbitos | Variable | No. de la variable | Definición de las variables |
|----------------------|----------------------------|--------------------|-----------------------------|
| | Internos (controlables) | | |
| | Fortalezas | | |
| Institucional | | 1 | |
| Económico | | 2 | |
| Sociológico | | 3 | |
| Ambiental | | 4 | |
| Ámbitos | Externos (no controlables) | | |
| | Oportunidades | | |
| Institucional | | 5 | |
| Económico | | 6 | |
| Sociológico | | 7 | |
| Ambiental | | 8 | |
| Ámbitos | Internos (controlables) | | |
| | Debilidades | | |
| Institucional | | 9 | |
| Económico | | 10 | |
| Sociológico | | 11 | |
| Ambiental | | 12 | |
| Ámbitos | Externos (no controlables) | | |
| | Amenazas | | |
| Institucional | | 13 | |
| Económico | | 14 | |
| Sociológico | | 15 | |
| Ambiental | | 16 | |

A continuación, se detallan las fases del método MICMAC descritas por Godet (2007).

Fase 1. listado de las variables

Inicialmente, se enumeraron las variables internas controlables (fortalezas y debilidades) y las externas no controlables (oportunidades y amenazas) que caracterizan el sistema socioeconómico y ambiental.

Las fortalezas son factores controlables que representan ventajas competitivas. Las debilidades indican deficiencias internas que generan vulnerabilidad. Las oportunidades son circunstancias externas favorables que pueden aprovecharse para alcanzar o superar los objetivos. Las amenazas son factores externos adversos, sobre los cuales se tiene poca o nula influencia; y que pueden surgir de manera repentina o gradual, poniendo en riesgo los objetivos y creando inestabilidad (Godet, 2007).

Fase 2. descripción de relaciones entre las variables

Durante esta etapa, las variables fueron vinculadas a una matriz de doble entrada, la cual se completó mediante un enfoque cualitativo. Por cada par de variables se plantearon las cuestiones siguientes: ¿existe una relación de influencia directa entre la variable *i* y la variable *j*? Si no existe relación de influencia entre ambas variables, se pondera con un 0. En caso contrario, al existir relación de influencia se determina si esta es de carácter débil, ponderado con 1; si es de carácter mediano, ponderado con 2; o si es de carácter fuerte, ponderado con 3 (Godet, 2007).

Fase 3. identificación de las variables clave con el software matrices de impactos cruzados multiplicación aplicada para una clasificación (MICMAC)

Durante esta fase, se identificaron las variables fundamentales para el desarrollo del sistema socioeconómico y ambiental. Este proceso permitió revelar la importancia y el papel que desempeñan dichas variables. El análisis se llevó a cabo utilizando el 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 (Godet, 2007).

En este gráfico, las variables se clasificaron, según lo establecido por Godet (2007), en función de su posición en relación con las diagonales, en las siguientes categorías: variables de entorno, variables reguladoras, palancas secundarias, variables objetivo, variables clave, variables resultado, variables autónomas y variables determinantes (figura 7).

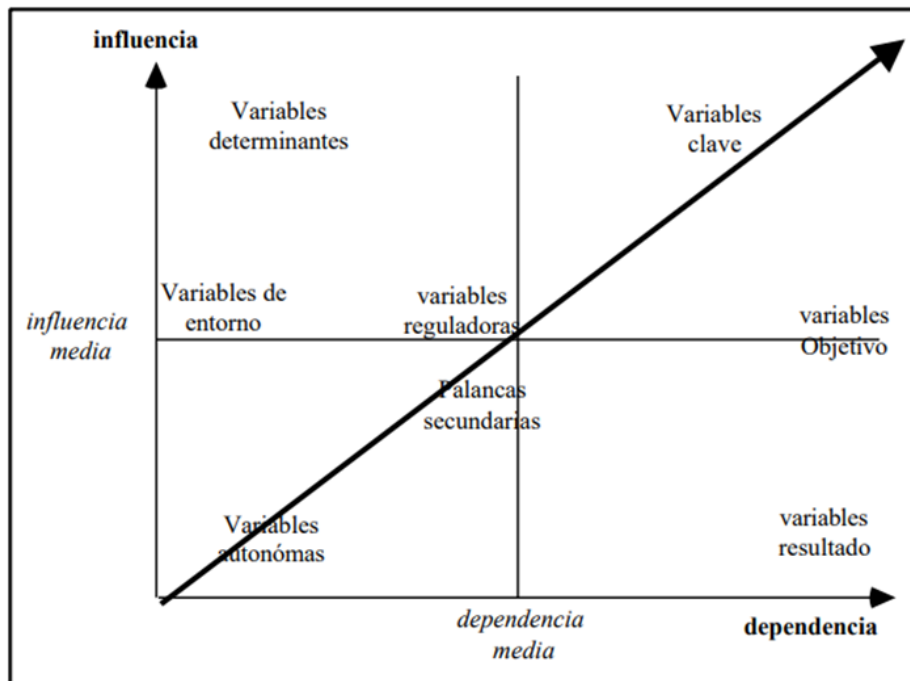


Figura 7. Gráfico de influencia dependencia de las variables del sistema de estudio y su clasificación. Fuente: Arango y Cuevas (2014).

Las variables autónomas son poco influyentes y dependientes, reflejando tendencias pasadas o que están desconectadas dentro del sistema socioeconómico y ambiental. Las variables clave son altamente motrices y dependientes, y representan los retos, razón por lo cual pueden perturbar el funcionamiento normal del sistema. Las variables determinantes, con alta motricidad y baja dependencia, pueden actuar como frenos o motores según su evolución. Las variables de entorno, con poca dependencia del sistema, funcionan como un "decorado". Las variables reguladoras son claves para alcanzar los objetivos del sistema y son complementadas por las palancas secundarias. Las variables objetivo son medianamente motrices y muy dependientes; por lo cual es factible influir en ellas. Finalmente, las variables resultado, con baja motricidad y alta dependencia, funcionan, al igual que las variables objetivo, como indicadores de la evolución del sistema (Godet, 2007).

3.3.2 Levantamiento de información de flora y fauna en el río zarco

Se realizaron tres visitas de campo los días 30 y 31 de enero de 2023 y 22 de febrero de 2023, para recolectar datos sobre flora y fauna a lo largo del curso alto, medio y bajo del río Zarco; durante las cuales se llevó a cabo una Evaluación Ecológica Rápida: metodología desarrollada

por The Nature Conservancy en Sayre *et al.* (2000), que consiste en un estudio flexible y acelerado para la rápida caracterización de la biodiversidad en zonas sobre las cuales se sabe relativamente poco.

3.3.2.1 Flora

Para caracterizar la vegetación se hicieron recorridos y se establecieron parcelas de muestreo de 50x2 m. En cada parcela se identificaron las especies arbóreas, arbustivas y herbáceas con una altura superior a 1.50 metros. La identificación se realizó a nivel de familia, género y, en algunos casos, especie. Para esto, se utilizó la observación directa en campo y el registro fotográfico para su posterior consulta. La ubicación geográfica de cada parcela, el tipo de bosque y el tramo del río en el que se ubicó se muestra en la tabla 2.

Tabla 2. *Ubicación geográfica de cada parcela, tipo de bosque y tramo del río en el que se realizó.*

| Parcela | Coordenadas geográficas | Tipo de bosque | Tramo del río |
|---------|---|-------------------|----------------------------|
| 1 | Inicio: 13°16'23.74"N, 88°28'34.96"O Fin: 13°16'24.63"N, 88°28'36.19"O | Bosque de manglar | Curso bajo (desembocadura) |
| 2 | Inicio: 13°16'27.03"N, 88°28'37.10"O Fin: 13°16'28.60"N, 88°28'36.79"O | Bosque de manglar | Curso bajo |
| 3 | Inicio: 13°16'30.34"N, 88°28'40.98"O Fin: 13°16'31.94"N, 88°28'41.07"O | Pastizales | Curso bajo |
| 4 | Inicio: 13°16'42.60"N, 88°28'53.69"O Fin: 13°16'44.10"N, 88°28'53.77"O | Bosque ribereño | Curso medio |
| 5 | Inicio: 13°16'52.87"N, 88°29'3.17"O Fin: 13°16'54.51"N, 88°29'3.17"O | Bosque ribereño | Curso medio |
| 6 | Inicio: 13°17'7.75"N, 88°29'10.68"O Fin: 13°17'9.22"N, 88°29'11.10"O | Bosque ribereño | Curso alto |
| 7 | Inicio: 13°17'17.29"N, 88°29'17.33"O Fin: 13°17'18.78"N, 88°29'18.22"O | Bosque ribereño | Curso alto (Nacimiento) |

Debido a las limitaciones de tiempo, de recursos y dificultades de acceso para hacer el levantamiento, el muestreo fue dirigido: Las parcelas se colocaron paralelas al río, en zonas menos perturbadas por asentamientos humanos, actividades productivas o zonas de pastoreo;

y que tuvieran vegetación representativa del tipo de bosque. Cada punto de muestreo fue georreferenciado.

3.3.2.2 Fauna

La colecta de datos de especies de fauna se realizó por medio de tres transectos, tomando como referencia el curso del río Zarco. El primero se realizó el 30 de enero de 2023, de 1:05 pm a 3:40 pm, con una longitud de 1,010 m en la zona de manglar y zona de pastizales (Curso bajo). El segundo se realizó el 31 de enero de 2023, de 8:00 am a 11:00 am con una longitud de 588.09 m en la zona de bosque ribereño (curso medio). Finalmente, el tercer transecto se realizó el 22 de febrero de 2023 de 12:35 pm a 3:52 pm, con una longitud de 705.08 m en el curso alto del río, en la zona de bosque ribereño. Esto hizo un total de 2.3 km recorridos y 10.56 horas de esfuerzo (figura 8).

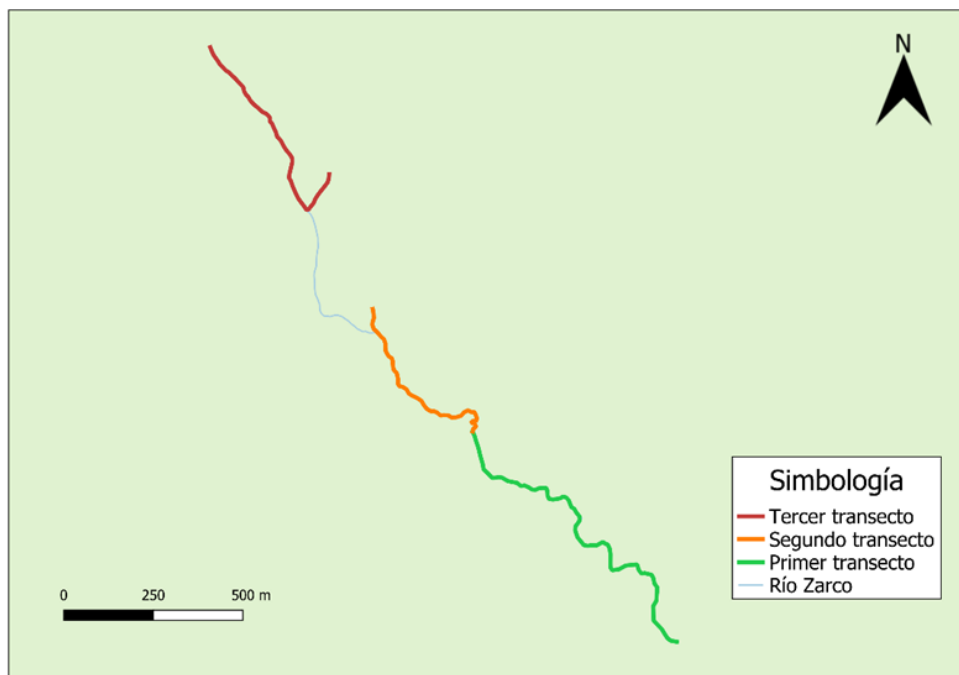


Figura 8. Representación gráfica de los transectos a lo largo del río Zarco para toma de datos de fauna. Fuente: elaboración propia.

A lo largo de los transectos se identificaron todos los individuos evidenciados por los métodos de observación directa y de observación indirecta: identificación de madrigueras, en el caso de los cangrejos, y de cantos, en el caso de las aves. Para la identificación de las especies de

aves se recurrió a la observación de características distintivas en campo, registro fotográfico y grabaciones de cantos, que posteriormente fueron comparados y analizados.

Los recorridos se hicieron a lo largo del cauce del río Zarco (figura 9), con el acompañamiento de personas de la comunidad o de la alcaldía municipal que conocían el sitio. Para la ubicación geográfica y el registro de cada uno de los transectos, se grabaron las rutas o “tracks” por medio de la aplicación móvil “Geo Tracker”, la cual permitió registrar la duración y longitud de cada uno de ellos.

La identificación de especies de flora y fauna se llevó a cabo mediante la comparación de imágenes con bases de datos como Useful Tropical Plants y The Plant List. Además, se utilizó la aplicación móvil de identificación biológica Merlin Bird ID, junto con listados de especies presentes en el país y guías de identificación, incluyendo el Manual de identificación de especies de fauna y flora incluidas en los apéndices CITES de MARN *et al.* (2010) e inventario de flora vascular del Área Natural Protegida El Espino – Bosque Los Pericos Parque del Bicentenario de Salvanatura (2011).



Figura 9. *Recorrido realizado a lo largo del río para la toma de datos de fauna.*

Las especies de flora y fauna de cada grupo taxonómico se incluyeron en una lista indicando la familia a la que pertenecen, su nombre científico y nombre común. Así mismo, cada especie

registrada se verificó en la Lista Roja de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN, 2023) de Especies Amenazadas, listado de especies amenazadas de El Salvador, así como en la Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres (CITES, 2024), con el fin de conocer el grado de conservación que requiere la especie.

3.3.3 Análisis de calidad del agua

El 24 de octubre del 2023 se recolectó una muestra de agua del río Zarco, en la parte media del río con coordenadas 13°16'44.2" N, 88°28'54.0" W. Los valores de temperatura, pH y oxígeno disuelto fueron tomados en campo utilizando una sonda paramétrica Exo 3, como se muestra en las figuras 10a y 10b.

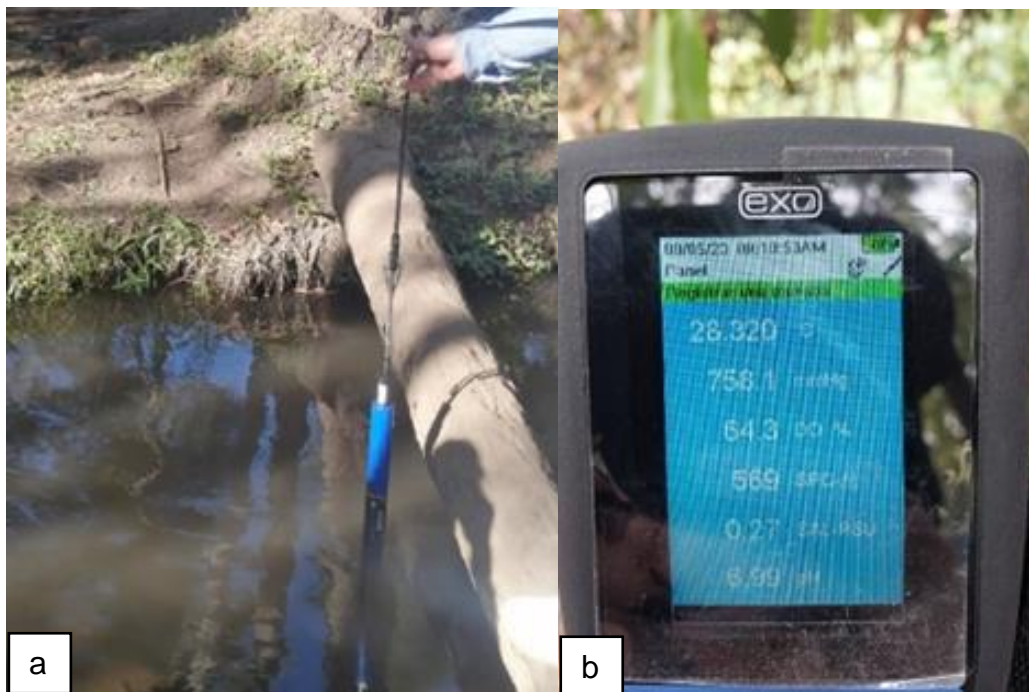


Figura 10. a) Medición en campo de los parámetros de temperatura, pH y oxígeno disuelto, mediante sonda paramétrica Exo 3. b) Vista de la pantalla de la sonda mostrando los valores obtenidos de algunos de los parámetros físico químicos.

Al mismo tiempo, se recolectaron las muestras de agua (figura 11), según lineamientos del Laboratorio Especializado en Control de Calidad (LECC), y se transportaron 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.



Figura 11. *Toma de muestra de agua en bolsas plásticas estériles y debidamente etiquetadas.*

Se utilizó el Índice de calidad del agua (ICA), propuesto por Brown (1970), porque permite medir los cambios en la calidad del agua en tramos específicos de los ríos a través del tiempo, y comparar la calidad del agua de diferentes tramos del mismo río; por lo que los resultados se pueden emplear para determinar si un tramo particular del río es saludable o no (Servicio Nacional de Estudios Territoriales [SNET], 2012).

Para determinar el valor del ICA en un punto específico, se midieron los 9 parámetros involucrados en su cálculo: coliformes fecales, pH, DBO5, nitratos, fosfatos, cambio de temperatura, turbidez, sólidos disueltos totales y oxígeno disuelto.

A cada uno de estos parámetros se le asignó su respectivo peso (w_i), de acuerdo con los valores de la tabla 3, que establece la metodología del ICA y que considera la importancia relativa de cada parámetro. El Subí es el valor, establecido por la metodología ICA, que indica el nivel de calidad de cada parámetro, de acuerdo al resultado obtenido en campo o laboratorio para cada parámetro fisicoquímico o biológico. Estos datos se incorporaron en la tabla 3 para calcular el valor del ICA en el punto de muestreo deseado.

Tabla 3. Tabla para el cálculo del ICA, la cual muestra los parámetros fisicoquímicos y biológicos de calidad del agua junto con sus unidades de medida y los pesos respectivos (w_i).

Fuente: SNET (2012)

| Parámetros fisicoquímicos y biológicos | Valor | Unidades | Sub _i | w _i | Total |
|--|-------|----------------|------------------|----------------|-------|
| 1 Coliformes fecales | - | NMP/100 mL | - | 0.15 | |
| 2 pH | - | unidades de pH | - | 0.12 | |
| 3 DBO5 | - | mg/ L | - | 0.10 | |
| 4 Nitrato | - | mg/ L | - | 0.10 | |
| 5 Fosfato | - | mg/ L | - | 0.10 | |
| 6 Cambio de la temperatura | - | °C | - | 0.10 | |
| 7 Turbiedad | - | UNT | - | 0.08 | |
| 8 Sólidos disueltos totales | - | mg/ L | - | 0.08 | |
| 9 Oxígeno disuelto | - | % saturación | - | 0.17 | |
| Valor del ICA \sum | | | | | |

Para calcular el valor del ICA, fue necesario sustituir los datos en la ecuación:

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

Donde:

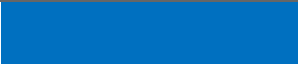




Sub_i: Subíndice del parámetro i .

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

Finalmente, cada valor Sub_i se multiplicó por su peso correspondiente (W_i) y se sumaron los nueve resultados para obtener el valor del ICA.

El resultado final se interpreta según la escala de clasificación presentada en la tabla 4, donde el valor máximo de 100 representa condiciones óptimas. Este valor disminuye a medida que aumenta la contaminación en el curso de agua. La reducción en el rango del valor indica una disminución en la calidad del agua, que se clasifica en las siguientes categorías: excelente, buena, regular, mala y pésima; cada una asociada a un rango de valores y un color específico.

Tabla 4. Escala de clasificación del ICA propuesta por Brown (1970), donde a cada categoría se asocia un color y un rango de valores. Una disminución en el valor del ICA indica una disminución de la calidad de agua. Fuente: Lobos (como se citó en SNET, 2012).

| CALIDAD DE AGUA | COLOR | RANGO DE 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 |

3.3.4 Evaluación de Impacto Ambiental

3.3.4.1 Identificación de las actividades.

Como primer paso, se identificaron y describieron las actividades susceptibles de tener impacto en los ecosistemas del río Zarco; para ello, durante las visitas de campo, se identificaron *in situ* y se documentaron con fotografías, las actividades y sus posibles impactos sobre los recursos ambientales. Posteriormente, se completó la información sobre las problemáticas medio ambientales por medio de la socialización con los actores locales.

3.3.4.2 Identificación de impactos potenciales.

La evaluación de los impactos ocasionados por las actividades en el río Zarco se hizo a través de la metodología de evaluación rápida de impactos (RIAM). La metodología RIAM permite llevar a cabo un análisis cuantitativo que puede expresarse en forma semicuantitativa (Pastakia & Madsen, 1995). Los conceptos de RIAM fueron desarrollados por Pastakia (1998), como una herramienta para organizar, analizar y presentar los resultados de una evaluación de impacto ambiental (EIA) de una forma holística, simple y estructurada que permite un análisis a profundidad de componentes seleccionados de forma rápida y precisa (Pastakia & Jensen, 1998).

De acuerdo a la metodología RIAM, los impactos ambientales identificados se asociaron a cuatro componentes: componente físico/químico (F/Q), componente biológico/ecológico (B/E), componente económico/operacional (E/O) y componente sociológico/cultural (S/C). A su vez, el componente biológico/ecológico se divide en 3 subcomponentes: F/Q agua, F/Q agua suelo, F/Q aire, que se definen en la tabla 5.

Tabla 5. Componentes ambientales que define el método RIAM. Fuente: Pastakia y Madsen, (1995).

| Componente ambiental | Descripción |
|------------------------------------|---|
| Físico/químico (F/Q) | Incluye todos los aspectos físicos y químicos del medioambiente, incluyendo recursos naturales finitos (no-biológicos) y degradación del ambiente físico por polución |
| Biológico/ecológico (B/E) | Incluye todos los aspectos de medioambiente, incluyendo recursos naturales renovables, conservación de biodiversidad, interacciones de especies y polución de la biosfera. |
| Sociológico/cultural (S/C) | Incluye todos los aspectos humanos de medioambiente, incluyendo temas sociales que afectan a individuos y comunidades; conjuntamente con aspectos culturales, incluyendo conservación del patrimonio y desarrollo humano. |
| Económico/operacional (E/O) | Permite identificar cualitativamente las consecuencias económicas del cambio medioambiental, temporales y permanentes, así como las complejidades del manejo del proyecto dentro del contexto de las actividades realizadas dentro de este. |

3.3.4.2.1 Matriz de identificación de impactos.

Se elaboró una matriz de identificación de impactos, en la que se cruzaron los componentes ambientales con las actividades, con el objetivo de identificar posibles impactos ambientales. Según Rojas (2005), esta matriz es un cuadro de doble entrada donde las actividades se presentan en un eje y los componentes ambientales en el otro. Se marcan las casillas correspondientes cuando se prevé que una determinada actividad provoca un cambio en un componente ambiental. De este modo, se señaló el impacto ambiental generado por cada una de las actividades identificadas sobre un componente ambiental considerado.

3.3.4.3 Evaluación de los impactos.

La evaluación de los impactos de las actividades identificadas en el río Zarco se realizó mediante el método RIAM, el cual proporcionó información que ayudó a identificar los componentes ambientales más afectados. Estos datos se utilizaron luego para desarrollar una propuesta orientada al uso sostenible del río.

Con el método RIAM se analizaron los efectos que las actividades tienen en los componentes ambientales. Se asignó un puntaje a cada elemento, siguiendo un criterio definido, para evaluar las ventajas y desventajas de la actividad. Para esto, los criterios que utiliza el método son: importancia (A1), magnitud (A2), permanencia (B1), reversibilidad (B2) y acumulación del impacto (B3) (ver anexo 3); cada uno de ellos tiene una valoración asignada de acuerdo a su magnitud (Pastakia & Madsen, 1995).

Después de evaluar los criterios A1, A2, B1, B2 y B3, se llevó a cabo el cálculo de la puntuación ambiental del componente (ES). Para ello se aplicaron las fórmulas proporcionadas por Pastakia (1998) para este fin:

$$1) AT = A1 * A2$$

$$2) BT = B1 + B2 + B3$$

$$3) ES = AT * BT$$

Dónde:

A1= Importancia.

A2= Magnitud.

B1= Permanencia.

B2= Reversibilidad.

B3= Acumulabilidad

AT= Resultado de la multiplicación de A1*A2.

BT= Resultado de la suma de B1 + B2 + B3.

ES= Puntaje ambiental.

Una vez obtenido el puntaje ambiental (ES) para cada impacto, se determinó su significancia según la tabla de valores del método RIAM (tabla 6). Dependiendo del rango en el que se ubicó

el puntaje ambiental de cada impacto, se le asignó un valor alfabético y un rango numérico, a los cuales corresponde una descripción que indica tanto la naturaleza como la magnitud del impacto, desde un gran impacto positivo hasta un gran impacto negativo.

Tabla 6. Rangos utilizados en el método RIAM para medir el impacto de ciertos factores, expresados en una escala numérica y alfabética, junto con una descripción que indica la magnitud y la naturaleza del impacto, que va desde un gran impacto positivo hasta un gran impacto negativo. Fuente: Pastakia (1998).

| Puntaje RIAM (ES) | Valor del Rango Alfabético | Valor del Rango Numérico | Descripción del Rango |
|--------------------------|-----------------------------------|---------------------------------|--------------------------------|
| 108 a 72 | E | 5 | Gran Impacto Positivo |
| 71 a 36 | D | 4 | Impacto Significativo Positivo |
| 35 a 19 | C | 3 | Impacto Moderado Positivo |
| 10 a 18 | B | 2 | Impacto Positivo |
| 1 a 9 | A | 1 | Impacto Leve Positivo |
| 0 | N | 0 | No hay Impacto |
| -1 a -9 | -A | -1 | Impacto Leve Negativo |
| -10 a -18 | -B | -2 | Impacto Negativo |
| 19 a -35 | -C | -3 | Impacto Negativo Moderado |
| -36 a -71 | -D | -4 | Impacto Significativo Negativo |
| -72 a -108 | -E | -5 | Gran Impacto Negativo |

3.3.5 Generación de mapa de problemáticas ambientales

La generación de este mapa se basó principalmente en el análisis de la información obtenida de las observaciones registradas en campo. Se realizó un levantamiento fotográfico y georreferenciación, por medio de GPS Garmin eTrex Vista HCx, de las actividades que tienen lugar en el río, así como de las problemáticas ambientales observadas (cambios de uso del suelo y del agua, asolvamiento, ganadería, entre otras).

Para representar las problemáticas identificadas de una manera eficaz, se utilizaron mapas y simbología elaborados en el software de Sistemas de Información Geográfica QGIS versión 3.36.2, de forma que las problemáticas se visualizaran y asociaran con las áreas particulares donde prevalecen; pero sin ilustrar su extensión espacial, ya que usualmente no tienen una dimensión espacial intrínseca.

3.3.6 Plan de acción ambiental

3.3.6.1 Acciones de restauración ambiental.

Con los datos obtenidos durante las actividades diagnósticas: reconocimiento, levantamiento de información primaria y secundaria, información proporcionada por actores locales y usuarios de los recursos; se pudo evidenciar y evaluar las principales actividades antrópicas que afectan a los ecosistemas. Se realizó una propuesta preliminar que se socializó con los actores locales (figura 12) para generar retroalimentación. El taller de socialización permitió determinar el estado actual del objeto de estudio, y contribuyó a priorizar las actividades y delimitar las zonas de implementación de acciones de conservación o restauración.



Figura 12. *Taller de socialización de las propuestas de acción ambiental con actores locales de la municipalidad.*

3.3.6.2 Programa de educación ambiental

Para proponer el programa de educación ambiental se utilizó la información obtenida en las actividades diagnósticas antes descritas; que implicaron la identificación de las problemáticas ambientales a través del registro fotográfico, inspecciones, entrevistas y reuniones con los actores locales. Gracias a esto se identificó al público objetivo y las posibles actividades a emplear de acuerdo al entorno en el que se aplicarían.

Se propusieron soluciones involucrando a los actores locales por medio de reuniones y un taller de socialización (figura 13), en donde se presentaron los resultados obtenidos y la propuesta preliminar del plan de acción, con el fin de tomar en cuenta sus ideas y opiniones.



Figura 13. *Participación de los actores locales de la municipalidad en la realización de la técnica del árbol de problemas y soluciones.*

Para realizar el análisis de los problemas prioritarios, en conjunto con los actores locales, durante el taller de socialización, se desarrolló la técnica participativa del árbol de problemas y soluciones (figuras 14); en la cual se discutieron las posibles causas y efectos de los

problemas priorizados, así como sus respectivas soluciones, lo que permitió conocer y sistematizar la información que poseen los participantes. Con esta información se eligieron y definieron las actividades y técnicas a emplear en el plan de acción.

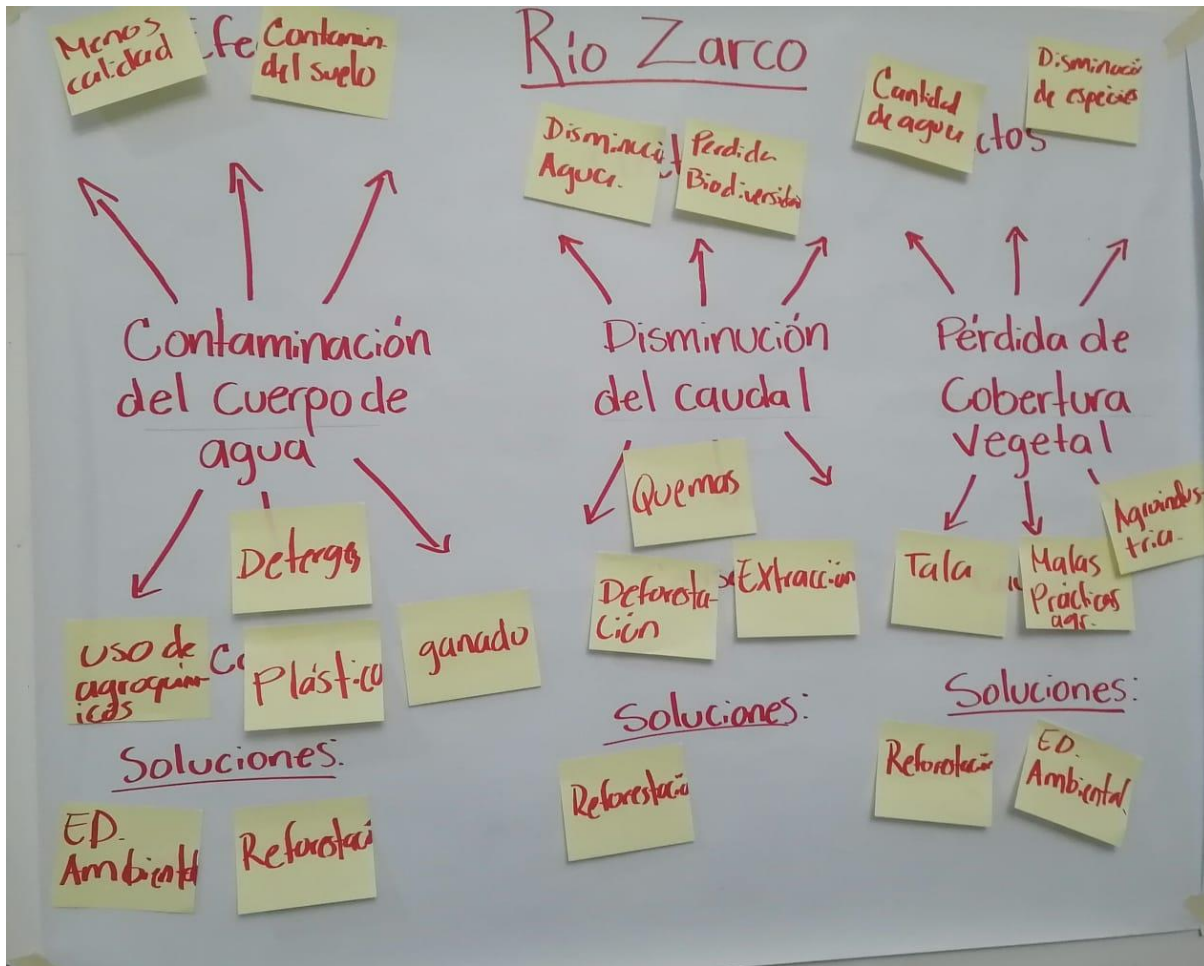


Figura 14. Esquema del árbol de problemas y soluciones desarrollado con participación de los actores locales de la municipalidad, en el cual se discutieron las posibles causas y efectos de los problemas priorizados, así como sus respectivas soluciones. El tronco del árbol es el problema central, las raíces son las causas y la copa los efectos; en la parte inferior se presentan las soluciones sugeridas por los actores locales de la municipalidad.

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Diagnóstico socioeconómico y ambiental

En el análisis FODA de los ecosistemas costero marinos del río Zarco se identificaron 25 estados situacionales, distribuidos en 6 fortalezas, 4 oportunidades, 7 debilidades y 8 amenazas (tabla 7). Las fortalezas identificadas fueron el marco legal (MLE), la organización comunitaria (OR), los servicios ecosistémicos (SEE), la biodiversidad (BIO), los espacios de coordinación (ECO) y la planificación territorial (PLT). En la categoría de oportunidades se incluyeron la cooperación institucional (COI), la resiliencia ecológica (REE), el fortalecimiento de capacidades (FOR) y la seguridad ciudadana (SEC).

Las variables categorizadas como debilidades fueron la baja participación ciudadana (PAC), la aplicación y cumplimiento de normativas (AyC), la conectividad natural (CON), las prácticas de producción (PP), las actividades económicas (ACE), la contaminación ambiental (COA) y la delimitación territorial (DEL). Finalmente, las amenazas identificadas fueron la vulnerabilidad (VUL), la morbilidad (MOR), el riesgo ambiental (RIA), el riesgo económico (RIE), la presión antropogénica (PREA), la ausencia de educación ambiental (EDA), la disponibilidad financiera (DIF) y la tenencia de la tierra (TNT).

El análisis destacó tanto las capacidades como las limitaciones del municipio y los ecosistemas del río Zarco, ofreciendo una visión integral de las áreas que necesitan fortalecerse para fomentar un desarrollo sostenible.

El análisis revela un marco legal sólido y una biodiversidad rica que, junto con la cooperación de diversas organizaciones, representan fortalezas y oportunidades clave para su desarrollo sostenible. Sin embargo, enfrenta serias debilidades, como la limitada participación ciudadana, la fragmentación de ecosistemas y la insuficiente aplicación de la legislación referente al manejo de los recursos naturales y de prácticas agroecológicas; lo que se suma a amenazas externas significativas como la presión antropogénica, la escasa disponibilidad financiera y la falta de educación ambiental que agravan estos desafíos; requiriendo una estrategia integral para superar las barreras y aprovechar las oportunidades existentes.

Tabla 7. *Análisis FODA mostrando los estados situacionales, ámbitos y variables afines identificadas para los ecosistemas costero marinos del Río Zarco. San Dionisio, Usulután.*

| Ámbitos | Internos (controlables) | | FORTALEZAS | |
|----------------------|--|---------------------------------|------------|--------------|
| | Fortalezas | VARIABLE | No | NOMBRE CLAVE |
| Institucional | El municipio cuenta con un marco político y legal: Ley de Ordenamiento y Desarrollo Territorial, Ley Forestal, Ley de Medio Ambiente, Ley de Áreas Naturales Protegida, que sustentan la legalidad de conservación de la zona de manglar que forma parte de toda el área de conservación de la bahía de Jiquilisco, sitio Ramsar y zonas declaradas como protección de la biosfera que le corresponde a San Dionisio; así como de ecosistemas ribereños. | Marco legal | 1 | MLE |
| Social | El municipio está organizado a nivel comunitario en organizaciones como ADESCOS y comités. | Organización comunitaria | 2 | OR |
| Ambiental | Los ecosistemas del Río Zarco han sido sujetos a presiones antropogénicas; sin embargo, sigue siendo una de las principales fuentes de agua del municipio y posee una gran variedad de recursos naturales que brindan bienes y servicios a la población local. Entre estos se puede mencionar el suelo, para cultivo de pastos, hortalizas, granos básicos; el agua, para uso doméstico, consumo humano y para regadío de cultivos; y el recurso forestal, para obtención de madera. | Servicios ecosistémicos | 3 | SEE |
| Ambiental | Por su ubicación geográfica presenta una gran variedad de recursos naturales: existe riqueza natural que permite la reproducción de especies y constituye el hábitat de muchas especies. Posee vegetación de manglar, vegetación de bosque ribereño y vegetación natural dispersa (maquilishuat, pepeto, sauce, etc.). | Biodiversidad | 4 | BIO |
| Institucional | En el municipio existen mecanismos de coordinación como Unidad Ambiental y ADESCOS que podrían permitir la coordinación de acciones medioambientales entre la municipalidad, población e instituciones gubernamentales y no gubernamentales. | Espacios de coordinación | 5 | ECO |

| | | | | |
|----------------------|---|----------------------------------|----------|------------|
| Institucional | Existe un plan de manejo de la Bahía de Jiquilisco, Plan de Desarrollo local sostenible de la Reserva de la Biosfera Xiriuatlique-Jiquilisco y Sitio Ramsar Complejo Bahía de Jiquilisco; donde se contempla el manejo integral de la zona costera. También se cuenta con un Plan de ordenamiento urbano del municipio, Ordenanza de saneamiento ambiental y Acuerdos Municipales relacionados como el Plan Municipal de Ordenamiento y Desarrollo Territorial de San Dionisio; los cuales pueden servir de referencia. | Planificación territorial | 6 | PLT |
|----------------------|---|----------------------------------|----------|------------|

| Ámbitos | Externos (no controlables) Oportunidades | OPORTUNIDADES | | |
|-------------------------|--|---------------------------------------|-----------|--------------|
| | | Variable | No | Nombre clave |
| Institucional | El municipio cuenta con la presencia de diferentes Instituciones con las cuales se ha establecido diferentes tipos de coordinación y comunicación a fin de fortalecer y orientar el desarrollo social y económico local: MAG, MARN, MINED, MOP/FOVIAL, MINSAL, Juzgado de Paz, PNC, alcaldía municipal. También recibe apoyo de algunas organizaciones: USAID, FUNSALPRODESE, WORLD VISION, OIKOS SOLIDARIDAD, Asociación de municipios, ASIBAHIA, Cooperación Financiera del Fondo Verde del Clima, Asociación de Cañeros de El Salvador. | Cooperación institucional | 7 | COI |
| Ambiental | Existen varias formaciones y ecosistemas acuáticos y terrestres al interior del área que son susceptibles de restauración recuperación y adecuación de su uso, para así incrementar los servicios ecosistémicos. | Resiliencia ecológica | 8 | REE |
| Social/ambiental | Es posible fomentar en la comunidad la diversificación de los medios de vida locales hacia un futuro más sostenible. | Fortalecimiento de capacidades | 9 | FOR |
| Social | Las estrategias de seguridad pública a nivel nacional pueden incidir positivamente en el desarrollo social y económico del municipio y de las comunidades colindantes al río. | Seguridad Ciudadana | 10 | SEC |

| Ámbitos | Internos (controlables) Debilidades | DEBILIDADES | | |
|-----------------------------|--|----------------------------------|-----------|--------------|
| | | VARIABLE | No | NOMBRE CLAVE |
| Social | Existe una falta de aplicación de mecanismos de participación ciudadana. | Participación ciudadana | 11 | PAC |
| Social | En el municipio existe escasa aplicación de la legislación nacional referente al manejo de los recursos naturales y aplicación de ordenanzas a nivel municipal por parte de las autoridades competentes. | Aplicación y cumplimiento | 12 | AyC |
| Ambiental | Los ecosistemas están fragmentados, reduciendo la conectividad entre ellos y el movimiento de las especies que allí habitan, por lo que la viabilidad de sus poblaciones queda reducida. Existen remanentes de bosques ribereños y de manglar que crecen entre pastizales para ganado, cultivos y viviendas. | Conectividad natural | 13 | CON |
| Económico/ ambiental | Se cuenta con un nivel insuficiente de conocimientos y competencias en materia de la aplicación de buenas prácticas y prácticas agroecológicas en actividades productivas como la ganadería y agricultura. | Prácticas de producción | 14 | PP |
| Económico | Las actividades económicas del municipio son de baja remuneración y los ingresos que generan están por debajo del salario mínimo. Así mismo, las fuentes de trabajo formales son insuficientes. | Actividades económicas | 15 | ACE |
| Social | Existen diversas fuentes de contaminación del recurso hídrico derivadas del uso doméstico, de los cultivos y del ganado, debido a malas prácticas de producción y a una inadecuada disposición de desechos sólidos. Además, el Índice de Calidad del Agua (ICA), obtenido para una muestra de la sección media del río, revela que la calidad del agua en esa área es regular. Esto indica que, aunque el estado del agua no es crítico, podría estar limitando la biodiversidad acuática. | Contaminación ambiental | 16 | COA |
| Institucional | No hay una delimitación específica del bosque de manglar o ésta no es muy clara, lo cual ha propiciado los cambios en el uso de suelo debido al avance de la frontera agrícola. | Delimitación | 17 | DEL |

| Ámbitos | Externos (no controlables) Amenazas | AMENAZAS | | |
|----------------------|--|----------------------------------|-----------|--------------|
| | | VARIABLE | No | NOMBRE CLAVE |
| Ambiental | Los acuíferos son frágiles y vulnerables a contaminación por las actividades humanas | Vulnerabilidad | 18 | VUL |
| Social | Se observa un aumento de vectores como zancudos y roedores, y en consecuencia incremento de enfermedades, propiciados por la contaminación, cambio climático e ineficiente saneamiento ambiental por parte de las diferentes instituciones competentes de salud, educación y medio ambiente. | Morbilidad | 19 | MOR |
| Ambiental | Existe riesgo ante la acción humana y fenómenos naturales, tales como la amenaza volcánica proveniente de la cordillera, actividad sísmica y eventos climáticos extraordinarios. | Riesgo ambiental | 20 | RIA |
| Económico | Existe probabilidad de ocurrencia de fenómenos naturales como lluvias, sequías y plagas o enfermedades que pueden afectar las actividades de producción y generar pérdidas económicas. | Riesgo económico | 21 | RIE |
| Social | Los ecosistemas se ven sometidos a presiones por acciones de la población tales como la tala, cultivos varios, pastoreo de ganado vacuno en áreas frágiles, causando la degradación de bosques de mangle, bosques dulces, recursos hídricos y la alteración de la fauna silvestre. | Presión antropogénica | 22 | PREA |
| Institucional | No se implementan acciones de educación ambiental que ayuden en el proceso de sensibilización de las poblaciones locales en la conservación y buen manejo de los recursos naturales. | Educación ambiental | 23 | EDA |
| Económico | Los fondos financieros del municipio son insuficientes y limitan la implementación de acciones de conservación y restauración de los recursos naturales, así como del desarrollo social y económico del municipio. | Disponibilidad financiera | 24 | DIF |
| Institucional | En el río Zarco existe un patrón mixto de tenencia de la tierra, privado y estatal. | Tenencia de la tierra | 25 | TNT |

4.1.1 Análisis estructural de las variables.

El análisis de influencia/dependencia de cada una de las 25 variables a partir de la matriz de doble entrada (Anexo 4) no solo confirmó la importancia de ciertas variables, sino que también reveló otras que, debido a sus acciones indirectas, desempeñan un papel crucial. Las 25 variables asociadas a los ecosistemas costero marinos del río Zarco se clasificaron como se muestra a continuación (figura 15).

En la zona cercana al origen se ubicó la variable de seguridad ciudadana (SEC), lo que indica que es una **variable autónoma** (figura 15, círculo celeste). Esto significa que tiene poca influencia en el sistema y, a su vez, depende muy poco de él. Por lo tanto, es preferible destinar los esfuerzos de acciones medioambientales a otros grupos de variables.

En la parte izquierda del plano se encuentran las **variables de entorno** (figura 15, círculo negro): espacios de coordinación (ECO), tenencia de la tierra (TNT), disponibilidad financiera (DIF) y delimitación (DEL). Estas variables representan un 'decorado' del sistema de estudio.

En la zona superior derecha se ubican las variables planificación territorial (PLT), aplicación y cumplimiento (AYC), riesgo económico (RIE), vulnerabilidad (VUL) y actividades económicas (ACE) (figura 15, círculo rojo). Estas son **variables clave** o de desafío, ya que son fundamentales y determinantes para el funcionamiento del sistema. Las acciones que se tomen en relación con estas variables deben ser analizadas cuidadosamente.

En la zona superior izquierda se encuentran las variables educación ambiental (EDA), marco legal (MLE) y cooperación institucional (COI). Estas son **variables determinantes** (figura 15, círculo amarillo), lo que significa que su evolución a lo largo del tiempo podría convertirlas en frenos o motores del sistema. Por lo tanto, es esencial tomar medidas en estas variables para asegurar que en el futuro faciliten la consecución de los objetivos en la gestión de los ecosistemas costero-marinos del río Zarco y los servicios ecosistémicos que este proporciona.

En la zona central del plano se encuentran las variables organización comunitaria (OR), riesgo ambiental (RIA), presión antropogénica (PREA), contaminación ambiental (COA),

fortalecimiento de capacidades (FOR) y prácticas de producción (PP). Estas son **variables reguladoras** (figura 15, círculo naranja), las cuales actúan como 'llaves de paso' para alcanzar el cumplimiento de las variables clave, determinando el funcionamiento del sistema en condiciones normales, por lo que son de gran importancia.

La participación ciudadana (PAC) y la morbilidad (MOR) resultaron ser **palancas secundarias** (figura 15, círculo verde). Las acciones sobre estas variables sirven para generar un movimiento en las variables reguladoras, que a su vez influyen en la evolución de las variables clave, lo que las hace igualmente importantes para el desarrollo adecuado del sistema.

En la parte central también se encuentran las **variables objetivo**: biodiversidad (BIO) y conectividad natural (CON) (figura 15, círculo azul). Estas variables pueden ser influenciadas para que su evolución se ajuste a lo deseado, ya que su nivel de dependencia permite actuar directamente sobre ellas con un amplio margen de maniobra. Fortalecerlas contribuye a un mejor funcionamiento del sistema y facilita la consecución de las variables clave.

Finalmente, las **variables resultado** son los servicios ecosistémicos (SEE) y la resiliencia ecológica (REE) (figura 15, círculo rosa). Estas variables no se pueden abordar de manera directa, sino a través de otras variables, ya que son altamente dependientes. Al igual que las variables objetivo, actúan como indicadores que describen la evolución del sistema.

El análisis estructural de las variables asociadas a los ecosistemas costero-marinos del río Zarco reveló una red de interacciones, donde algunas variables actúan como pilares fundamentales mientras que otras sirven como indicadores. Las variables planificación territorial, aplicación y cumplimiento, riesgo económico, vulnerabilidad, actividades económicas, educación ambiental, marco legal y cooperación institucional son las variables clave y determinantes, son particularmente críticas, ya que su gestión directa o indirecta determinará el éxito en la conservación y la gestión exitosa del ecosistema.

Las variables de organización comunitaria, riesgo ambiental, presión antropogénica, contaminación ambiental, fortalecimiento de capacidades y prácticas de producción son variables reguladoras; éstas también son vitales, ya que controlan el flujo de recursos y la

estabilidad del sistema bajo condiciones normales. En contraste, se encontraron otras variables que, aunque menos influyentes, forman el contexto en el que operan las demás variables y, por lo tanto, no deben ser completamente desatendidas. Este análisis subraya la necesidad de un enfoque estratégico y multidimensional en la gestión ambiental, donde las acciones se prioricen de acuerdo con la influencia y dependencia de cada variable, para maximizar el impacto positivo sobre los ecosistemas costero-marinos del río Zarco y los servicios que estos proporcionan.

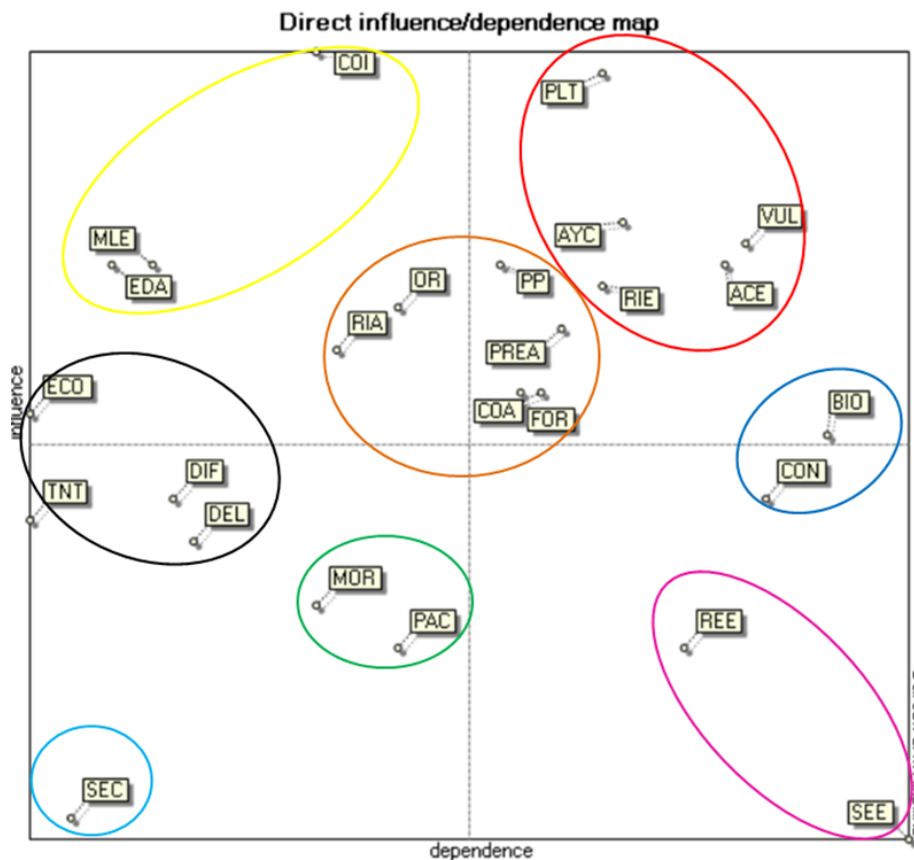


Figura 15. Análisis estructural de variables asociadas a los ecosistemas costero marinos del río Zarco. En donde se muestran las variables autónomas (círculo celeste), variables de entorno (círculo negro), variables clave (círculo rojo), variables determinantes (círculo amarillo), variables reguladoras (círculo naranja), palancas secundarias (círculo verde), variables objetivo (círculo azul), variables resultado (círculo rosa).

4.2 Levantamiento de información de Flora y fauna

4.2.1 Flora

Durante las visitas a campo, se registraron un total de 34 especies de flora, agrupadas en 33 géneros y 22 familias, cuyo estado de conservación se presenta en la tabla 8. De estas especies, solo una, *Tabebuia* sp, se encuentra en el Apéndice II de CITES (2024). Tres especies están incluidas en el listado de especies amenazadas de El Salvador: *Rhizophora racemosa* (mangle rojo espigado) se encuentra en estado "Amenazado", mientras que *Avicennia germinans* (istatén) y *Laguncularia racemosa* (cincahuite) están catalogadas como "En peligro". Según la lista roja de la UICN (2023), 20 especies se encuentran en estado de "Preocupación Menor" (LC), mientras que *Mangifera indica* se clasifica como "Deficiente en Datos" (DD) (tabla 8).

Tabla 8. Registro de especies de flora del río Zarco. En donde las categorías de conservación de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (IUCN) son de "preocupación menor" (LC) y "deficiente en datos" (DD). Las casillas vacías representan especies que no se incluyen en la respectiva lista.

| FAMILIA | NOMBRE CIENTÍFICO | NOMBRE COMÚN | ESTADO A NIVEL NACIONAL | AP. CITES | LISTA UICN |
|-----------------------|------------------------------|------------------|-------------------------|-----------|------------|
| CURSO BAJO | | | | | |
| Rhizophoraceae | <i>Rhizophora racemosa</i> | Mangle espigado | Amenazada | | LC |
| Acanthaceae | <i>Avicennia germinans</i> | Istatén | En peligro | | LC |
| Combretaceae | <i>Laguncularia racemosa</i> | Cincahuite | En peligro | | LC |
| Combretaceae | <i>Terminalia catappa</i> | Almendro | | | |
| Thyphaceae | <i>Typha</i> sp | Tule | | | |
| Bignoniaceae | <i>Tabebuia</i> sp | | | II | LC |
| Myrtaceae | <i>Syzygium cumini</i> | Cerezo de belice | | | LC |
| Poaceae | <i>Phragmites australis</i> | Carrizo | | | LC |
| Salicaceae | <i>Salix humboldtiana</i> | Sauce llorón | | | LC |
| Fabaceae | <i>Pithecelobium dulce</i> | Mangollano | | | |

| FAMILIA | NOMBRE CIENTÍFICO | NOMBRE COMÚN | ESTADO A NIVEL NACIONAL | AP. CITES | LISTA UICN |
|---------------------------------------|---------------------------------|-----------------|-------------------------|-----------|------------|
| CURSO MEDIO | | | | | |
| Areaceae | <i>Cocos nucifera</i> | Coco | | | |
| Fabaceae | <i>Inga sp</i> | Pepeto | | | |
| Anacardiaceae | <i>Mangifera indica</i> | Mango | | | DD |
| Rutaceae | <i>Citrus limon</i> | Limón | | | |
| Fabaceae | <i>Andira inermis</i> | Almendra de río | | | LC |
| Areaceae | <i>Bactris major</i> | Huiscoyol | | | LC |
| Fabaceae | <i>Acacia cornigera</i> | Izcanal | | | |
| Sapotaceae | <i>Pouteria sapota</i> | Zapote | | | LC |
| Moraceae | <i>Castilla elastica</i> | Palo de hule | | | LC |
| Malvaceae | <i>Guazuma ulmifolia</i> | Caulote | | | LC |
| Musaceae | <i>Musa sp</i> | Plátano | | | |
| Moraceae | <i>Artocarpus altilis</i> | Arbol de pan | | | |
| Malvaceae | <i>Theobroma cacao</i> | Cacao | | | |
| Lauraceae | <i>Persea americana</i> | Aguacate | | | LC |
| Malvaceae | <i>Ceiba pentandra</i> | Ceiba | | | LC |
| Piperaceae | <i>Piper sp</i> | Cordoncillo | | | |
| Polygonaceae | <i>Coccoloba caracasana</i> | Papaturro | | | |
| CURSO ALTO | | | | | |
| Moraceae | <i>Ficus sp1</i> | Amate | | | LC |
| Bixaceae | <i>Cochlospermum vitifolium</i> | Tecomasuche | | | LC |
| Moraceae | <i>Ficus sp2</i> | | | | LC |
| Fabaceae | <i>Enterolobium cyclocarpum</i> | Conacaste | | | LC |
| Fabaceae | <i>Samanea saman</i> | Carreto | | | LC |
| Simaroubaceae | <i>Simaruba glauca</i> | Aceituno | | | |
| Malvaceae | <i>Ceiba pentandra</i> | Ceiba | | | LC |
| Urticaceae | <i>Cecropia peltata</i> | Guarumo | | | LC |
| Areaceae | <i>Bactris major</i> | Huiscoyol | | | LC |
| TOTAL: 22 familias 34 especies | | | | | |



Figura 16. *Especies presentes en el área de estudio: a) Avicennia germinans, b) Laguncularia racemosa, c) Typha sp, d) Andira inermis.*

A lo largo de la ribera se encuentran diversos tipos de vegetación (tabla 9). En la zona de la desembocadura destacan las especies de manglar, como *Rhizophora racemosa*, *Avicennia germinans* y *Laguncularia racemosa*. En el curso medio, el bosque ribereño se vuelve denso, caracterizándose por la presencia de especies como *Acacia cornígera*, *Piper sp.*, *Andira inermis* y *Bactris major*. Cerca de los caseríos, se observan principalmente especies como *Musa sp.*, *Cocos nucifera*, *Coccoloba caracasana*, *Inga sp* y *Mangifera indica*. En el curso alto del río, el bosque ribereño es menos denso, caracterizándose por la presencia de *Ficus sp*,

Bactris major, *Samanea saman* y *Enterolobium cyclocarpum*.

Tabla 9. Número de especies de vegetación y tipo de bosque registrados en cada uno de los tramos del río Zarco.

| Tramo | N° de especies | Tipo de bosque |
|-------------|----------------|------------------------------|
| Curso bajo | 10 | Bosque de manglar y pastizal |
| Curso medio | 17 | Bosque ribereño |
| Curso alto | 9 | Bosque ribereño |

4.2.2 Fauna

Se identificaron un total de 14 especies de fauna, agrupadas en 14 géneros y 13 familias, cuyo estado de conservación se presenta en la tabla 10. Ninguna de estas especies está incluida en el Apéndice de CITES. Una de las especies, *Brotogeris jugularis* (Catalnica), se encuentra en estado "Amenazado" a nivel nacional. 12 especies están catalogadas como de "Preocupación Menor" (LC) según la lista roja de la UICN (tabla 10).

Tabla 10. Registro de especies de fauna del río Zarco. En donde la categoría de conservación de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (IUCN) es de preocupación menor (LC). Las casillas vacías representan especies que no se incluyen en la respectiva lista.

| FAMILIA | NOMBRE CIENTÍFICO | NOMBRE COMÚN | ESTADO A NIVEL NACIONAL | LISTA ROJA IUCN |
|--------------|--------------------------------|-----------------------|-------------------------|-----------------|
| Ocypodidae | <i>Ucides occidentalis</i> | Punche | | |
| Gecarcinidae | <i>Cardisoma crassum</i> | Cangrejo azul | | |
| Cathartidae | <i>Cathartes aura</i> | Zopilote | | LC |
| Ardeidae | <i>Butorides virescens</i> | Garcita verde | | LC |
| Accipitridae | <i>Rupornis magnirostris</i> | Gavilán pollero | | LC |
| Hirundinidae | <i>Tachycineta albilinea</i> | Golondrina de manglar | | LC |
| Cuculidae | <i>Crotophaga sulcirostris</i> | Pijuyo | | LC |
| Tyrannidae | <i>Pitangus sulphuratus</i> | Cristofue | | LC |
| Icteridae | <i>Quiscalus mexicanus</i> | Zanate | | LC |
| Columbidae | <i>Zenaida asiatica</i> | Paloma aliblanca | | LC |
| Psittacidae | <i>Brotogeris jugularis</i> | Catalnica | Amenazada | LC |

| FAMILIA | NOMBRE CIENTÍFICO | NOMBRE COMÚN | ESTADO A NIVEL NACIONAL | LISTA ROJA IUCN |
|------------------|--------------------------------|--------------------|-------------------------|-----------------|
| Ardeidae | <i>Ardea alba</i> | Garzón blanco | | LC |
| Cuculidae | <i>Morococcyx erythropygus</i> | Cuculillo Sabanero | | LC |
| Ardeidae | <i>Bubulcus ibis</i> | Garcilla Bueyera | | LC |
| TOTAL: 13 | 14 especies | | | |



Figura 17. Especies presentes en el área de estudio: a) *Bubulcus ibis*, b) *Ucides occidentalis*.

4.3 Análisis de calidad de agua

Se analizaron nueve parámetros físico-químicos y biológicos necesarios para determinar el Índice de Calidad del Agua (ICA), a partir de los resultados obtenidos de una muestra tomada en la parte media del río. Se encontró que el nivel de oxígeno disuelto con un valor de 64.3% es aceptable de acuerdo a la Corporación Autónoma Regional del Tolima [CORTOLIMA] (2009), que señala que valores inferiores al 60% o superiores al 125% se consideran indicativos de una mala calidad del agua. Este parámetro es crucial para la vida acuática, ya que niveles más bajos pueden señalar contaminación o insuficiencia de oxígeno (Mena, 2013).

La concentración de coliformes fecales superó los 23.0 NMP/mL, excediendo el límite permisible de <1.1 NMP/100 mL establecido por el Reglamento Técnico Salvadoreño para

agua de consumo humano (RTS 13.02.01:14). Este resultado sugiere la presencia de bacterias de origen fecal, lo que indica una posible contaminación por aguas negras, ya que los coliformes fecales son un buen indicador de este tipo de contaminación (Mena, 2013).

El pH del agua fue de 6.99, cercano al valor neutro y dentro del rango permitido de 6.0 a 8.5 para el agua de consumo humano. Valores fuera de este rango pueden afectar el desarrollo y la fisiología de los organismos acuáticos (Chapman, 1996).

La Demanda bioquímica de oxígeno a cinco días (DBO5) es un indicador que refleja la cantidad de materia orgánica en el agua (Soon & Seok, 2002). Un aumento en la DBO5 reduce el oxígeno disuelto en los cuerpos de agua, lo que puede provocar anoxia y dañar las comunidades biológicas en los ecosistemas acuáticos. Según la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales del gobierno de México [SEMARNAT] (2014), valores de DBO5 inferiores a 3 mg/L indican una excelente calidad del agua, mientras que valores más altos reflejan mayor contaminación. En este caso, el resultado de la demanda bioquímica de oxígeno (DBO5) fue de 6.0 mg/L, lo que se considera un valor aceptable.

Los nitratos, presentes en fertilizantes y detergentes, pueden llegar al agua a través del escurrimiento agrícola, los desechos industriales y las descargas de aguas negras (Pérez-Castillo & Rodríguez, 2008; Álvarez *et al.*, 2006). En este estudio, la concentración de nitratos fue de 14 mg/L, por debajo del límite permisible de 50 mg/L, lo que indica que no hay una concentración elevada. Al igual que los nitratos, los fosfatos en exceso pueden causar eutrofización (Mena, 2013). En esta muestra, la concentración de fosfatos fue de 0.11 mg/L.

La temperatura varió en 1.68 °C, un cambio que no representa un problema. La variación de temperatura en valores elevados podría afectar la solubilidad del oxígeno y, por tanto, la vida acuática. La turbidez se registró en 1.7 UNT, lo que indica una buena claridad del agua y cumple con el límite permitido de ≤ 5 UNT.

Los sólidos en el agua pueden causar problemas de sedimentación. Existe una estrecha relación entre la concentración de sólidos disueltos y la calidad del agua, dado que estos sólidos adsorben contaminantes como plaguicidas y nutrientes, afectan la turbidez del agua y

pueden incrementar la temperatura del agua (Dagne *et al.*, 2005). En la muestra del río Zarco, los sólidos disueltos totales (SDT) fueron de 321.5 mg/L, un nivel seguro dentro del límite permisible de ≤ 1000 mg/L.

En la tabla 11 se describen los parámetros y sus resultados:

Tabla 11. Resultados de los parámetros de calidad del agua del río Zarco, San Dionisio, Usulután.

| No. | PARAMETROS FFQQ Y BIOLÓGICOS | RESULTADOS |
|-----|------------------------------|-----------------|
| 1 | Oxígeno disuelto | 64.3 DO% |
| 2 | Coliformes fecales | >23.0 NMP/100mL |
| 3 | pH | 6.99 |
| 4 | DBO5 | 6.0 |
| 5 | Nitratos | 14 mg/L |
| 6 | Fosfatos | 0.11 mg/L |
| 7 | Cambio de temperatura | 1.68 °C |
| 8 | Turbidez | 1.7 UNT |
| 9 | Sólidos disueltos totales | 321.5 mg/L |

Los valores obtenidos para los nueve parámetros se utilizaron para calcular el valor del ICA. Cada parámetro tiene un valor de W_i , que representa el peso del parámetro en la evaluación total del ICA, reflejando su importancia relativa en la calidad del agua. El Sub_i es el valor, establecido por la metodología ICA, que indica el nivel de calidad de cada parámetro, de acuerdo al resultado obtenido en campo o laboratorio. Al multiplicar W_i por Sub_i se obtiene $W_i * Sub_i$, que contribuye al valor final del ICA. La suma de todos los valores $W_i * Sub_i$ dio como resultado el ICA total, 69.92 para esta muestra en particular (tabla 12).

Tabla 12. Resultado ICA del río Zarco, San Dionisio, Usulután. Donde W_i corresponde a los Pesos relativos asignados a cada parámetro (Sub_i), y ponderados entre 0 y 1, de tal forma que se cumpla que la sumatoria sea igual a uno. Sub_i es el Subíndice del parámetro i . La suma de todos los valores $W_i \cdot SUB_i$ dio como resultado el ICA total, que es 69.92.

| No. | PARÁMETRO | W_i | SUB_i | $W_i \cdot SUB_i$ |
|----------------------|---------------------------------|-------|---------|-------------------|
| 1 | Coliformes fecales NMP/100ml | 0.15 | 61 | 9.15 |
| 2 | pH | 0.12 | 88 | 10.56 |
| 3 | DBO5 | 0.10 | 53 | 5.3 |
| 4 | Nitratos mg/L | 0.10 | 46 | 4.6 |
| 5 | Fosfatos mg/L | 0.10 | 93 | 9.3 |
| 6 | Cambio de temperatura °C | 0.10 | 78 | 7.8 |
| 7 | Turbidez | 0.08 | 95 | 7.6 |
| 8 | Sólidos disueltos totales mg/L | 0.08 | 57 | 4.56 |
| 9 | Oxígeno Disuelto % | 0.17 | 65 | 11.05 |
| Valor del ICA | | | | 69.92 |

Según la clasificación del ICA propuesta por Brown, este valor se considera de "regular" calidad. La clasificación "regular" se aplica a valores del ICA que oscilan entre 51 y 70. Esto implica que la calidad del agua es limitada para el desarrollo de vida acuática; es decir, aunque puede sostener vida, las condiciones no son óptimas, y podrían presentarse restricciones en la biodiversidad y en la salud de los organismos acuáticos.

Este análisis proporciona una visión cuantitativa del estado de la calidad del agua en un punto de la zona media del curso del río Zarco, situado en el bosque ribereño. Aunque el agua no se encuentra en un estado crítico, su calidad es regular y podría estar limitando la biodiversidad acuática. Al comparar estos resultados con otros ríos de la región hidrográfica de la bahía de Jiquilisco, según los informes de calidad del agua elaborados por el Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales [MARN] (2017), MARN (2020) y MARN (2022), se observa que el río El Molino, que desemboca en el municipio de San Dionisio, y el río Juana, que confluye con este, presentaron un índice de calidad del agua en categoría de "mala" en 2017.

Para 2020 y 2022, estos ríos contaban con tres sitios clasificados como de mala calidad y uno como pésima calidad, con valores que no cumplen con las características necesarias para actividades de riego, potabilización o recreación; además de restringir el desarrollo de la vida acuática. A pesar de que los ríos en esta región hidrográfica son de recorrido relativamente corto, son fundamentales para el desarrollo de los ecosistemas y el progreso local.

Por tanto, los resultados de esta investigación indican que, aunque el río Zarco presenta una mejor calidad en comparación con otros ríos de la región, su clasificación de calidad del agua "regular" sugiere la presencia de factores de estrés ambiental que podrían estar alterando su equilibrio ecológico. De no mitigarse las fuentes de contaminación ni restaurarse las áreas críticas, con el tiempo, el río podría enfrentar un deterioro similar al de otros cuerpos de agua de la zona. La conservación de estos ríos es fundamental no solo para proteger la biodiversidad, sino también para garantizar el bienestar de las comunidades aledañas.

4.4 Evaluación de impacto ambiental

4.4.1 Identificación de las actividades.

4.4.1.1 Zona baja del río

Se observó que la actividad predominante en la zona baja del río, cercana a la desembocadura, es el pastoreo de ganado (figura 18). Esta práctica es la más relevante en la región, ya que involucra no solo la cría de ganado, sino también la producción de pastos mejorados mediante el uso de agroquímicos para su manejo (figura 19). Estas actividades han implicado la eliminación de la vegetación, lo que ha alterado la conectividad entre los ecosistemas.



Figura 18. *Pastoreo de ganado en los alrededores de la desembocadura del río Zarco*



Figura 19. *cultivo de pasto con uso de agroquímicos.*

Según Chará *et al.* (2008), la concentración de estiércol cerca de los ríos contribuye significativamente a la contaminación, ya que, por escorrentía, este material llega a las fuentes de agua, aportando grandes cantidades de materia orgánica y organismos patógenos; disminuyendo la calidad del agua y haciéndola menos apta para el consumo humano y animal debido al riesgo de transmisión de enfermedades. Además, los fertilizantes utilizados en la producción de pastos pueden ser tóxicos para los organismos del suelo y la vida acuática, incrementando la cantidad de nutrientes en los ecosistemas acuáticos y afectando la estructura trófica.

Se observó la expansión de la frontera agrícola en el manglar, influenciada por la proximidad de monocultivos (figura 20) y el pastoreo de ganado en la zona interna del manglar (figura 21). Esta situación debilita el bosque, incrementando la erosión del suelo ya que la compactación del suelo, causada por el paso constante del ganado, acelera este proceso y aumenta el aporte de sedimentos al río, lo que podría alterar la función ecológica del ecosistema y los servicios ambientales que este provee (López, 2001; de Villalobos, 2013; Chará *et al.*, 2008). Además, el ganado frecuentemente se alimenta de plántulas, afectando negativamente la regeneración de los ecosistemas (de la orden *et al.*, 2006).



Figura 20. Se observan cultivos de pasto próximos al manglar.

Por otro lado, la eliminación o alteración de la vegetación riparia, debido a la expansión agrícola, modifica la entrada de nutrientes y la provisión de materia orgánica y sombra: factores que incrementan la temperatura y la evaporación en el ambiente acuático (Wang *et al.*, 2006). Estos elementos son esenciales para la supervivencia de ciertas especies, cuya pérdida de hábitat podría ser consecuencia directa de estos cambios. Allan (2004) señala que el hábitat y la diversidad biológica de los ríos están fuertemente influenciados por el uso del suelo.



Figura 21. *pastoreo de ganado en la zona de manglar.*

4.4.1.2 Zona media del río

En la zona media del río, se observó la extracción de aguas superficiales mediante el uso de motores, destinada tanto al riego de parcelas agrícolas como al uso doméstico en las viviendas cercanas. También se observó la construcción de acequias o canales de riego, de aproximadamente 392 metros de longitud y 1,40 metros de ancho, que conducen el agua hacia zonas de cultivo. Además, se notó la tala de árboles y la existencia de áreas destinadas al uso doméstico en uno de los nacimientos del río (figura 22).

El agua del río se extrae principalmente durante la época seca, que abarca los meses de febrero, marzo y abril, cuando este recurso es más escaso. El agua es utilizada por pocas familias, para riego y, en algunos casos, para uso doméstico; por lo cual no se trata de una actividad a gran escala.



Figura 22. lavaderos en uno de los nacimientos de agua del río Zarco.

Las acequias observadas presentan un ancho y una profundidad comparables a las del propio río Zarco, que, siendo uno de los más pequeños del municipio con una longitud aproximada de 3.06 km, requiere especial atención. Según Chará *et al.* (2008), el desvío de cauces impacta negativamente a la biota acuática, ya que altera la estructura del hábitat y modifica los patrones naturales de flujo. En este caso, esto puede reducir el caudal y limitar la cantidad de agua dulce que llega al manglar y, a su vez, podría facilitar la invasión de agua salada en el río. Para mitigar estos impactos, es fundamental fomentar la educación ambiental, promoviendo buenas prácticas de riego, el uso racional del agua y su conservación, dado que, sumado al cambio climático, se incrementaría la presión sobre el río, poniendo en riesgo este valioso recurso en el futuro.

4.4.1.3 Zona alta del río

En la parte más alta del río, durante la época seca, se observó que el primer tramo del cauce, de aproximadamente 50 m, estaba completamente seco (Figura 23). Además, se identificó una pérdida de cobertura vegetal y tala de árboles en los terrenos privados que rodean el río (figura 24), los cuales son utilizados principalmente para el pastoreo de ganado. También se detectó un punto de extracción de agua en la zona.



Figura 23. *Tramo del cauce del río Zarco que ha perdido su caudal durante la época seca*

La deforestación en los terrenos aledaños a la parte alta del río, pertenecientes al municipio de Usulután, podría estar afectando a este cuerpo de agua. Según Allan y Castillo (2007), y Chará (2006), la destrucción de la capa boscosa tiene efectos negativos sobre la cantidad y calidad del agua. Los suelos, al compactarse y quedar expuestos a los agentes erosivos, pierden su capacidad de infiltración, lo que aumenta la escorrentía. Esto deteriora la calidad del agua, incrementando su turbidez y elevando los niveles de nutrientes; lo que a su vez favorece la eutrofización y la sedimentación por el arrastre de suelo. Se considera que esta situación podría mejorarse mediante la promoción y capacitación en modelos de producción más sostenibles en la zona de Usulután.



Figura 24. Zona de pastoreo de ganado, donde también se evidencia tala de árboles.

A continuación, se describen y señalizan, a lo largo del curso del río Zarco, por medio de puntos de colores, las actividades humanas que potencialmente impactan los ecosistemas (figura 25):

La extracción de agua (figura 25, color cian) se identificó en puntos a lo largo del río, representando el uso del agua para diversos propósitos. La producción agrícola (figura 25, color verde oscuro) se localiza en la parte media baja del río, señalando áreas dedicadas a actividades agrícolas. El pastoreo de ganado (figura 25, color naranja) se encuentra en varias partes del río, implicando el pastoreo cerca de las orillas, lo que ha modificado la vegetación ribereña. La ganadería de traspatio (figura 25, color amarillo) está distribuida en las orillas de la parte media del río.

El cultivo de pasto mejorado (figura 25, color rojo) se localiza en un tramo del río cercano al bosque de manglar, el cual es utilizado para alimentar al ganado. El tramo seco del río (figura 25, color verde) marca un área sin su caudal, posiblemente debido a actividades como la deforestación en la zona de recarga hídrica. Los lavaderos (figura 25, color rosa) ubicados en algunas partes del río, representan lugares de lavado que pueden contaminar el agua con detergentes y otros productos químicos. Finalmente, los canales artificiales (figura 25, líneas

color negro) son estructuras construidas para desviar el agua del río y que modifican el flujo natural de este.

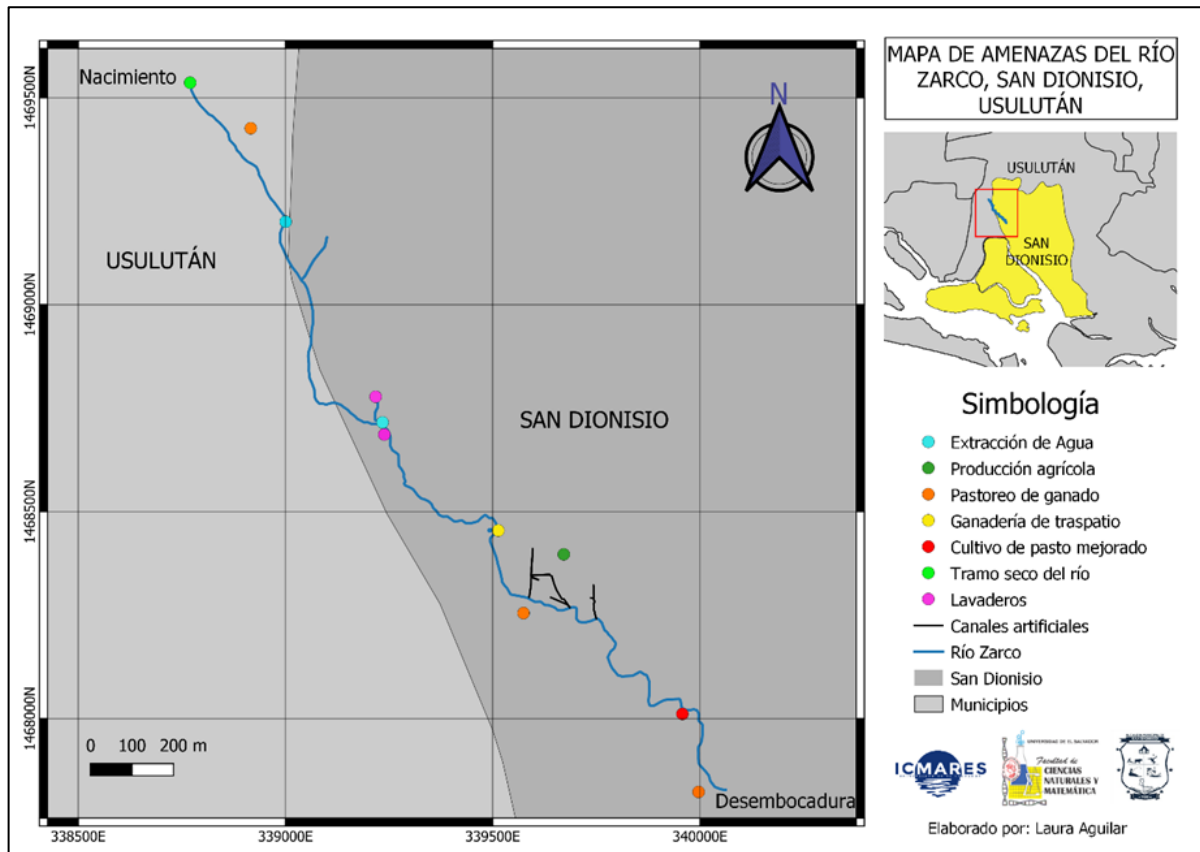


Figura 25. Mapa de actividades humanas que potencialmente impactan los ecosistemas del río Zarco, San Dionisio, Usulután. Fuente: elaboración propia.

4.4.2 Identificación de impactos.

4.4.2.1 Matriz de identificación de impactos.

Se identificaron un total de 9 impactos potenciales como consecuencia de 9 actividades. Estos impactos se asociaron a cuatro componentes ambientales: componente físico/químico (F/Q), biológico/ecológico (B/E), componente económico/operacional y componente sociológico/cultural. Al componente físico/químico (F/Q) se asociaron cinco impactos

ambientales: contaminación del cuerpo de agua y disminución del caudal, que se incluyeron dentro del subcomponente F/Q agua; contaminación del suelo, y erosión y compactación del suelo que se incluyeron en el subcomponente F/Q suelo; y contaminación del aire, que se incluyó en el subcomponente F/Q aire. Para el componente biológico/ecológico (B/E) se asoció el impacto ambiental de pérdida de cobertura vegetal y pérdida de hábitat. En el componente económico/operacional (E/O) se asoció la generación de empleo; y en el componente sociológico/cultural (S/C) se incluyeron la pérdida de valores estéticos y paisajísticos (tabla 13).

Tabla 13. Matriz de identificación de impactos potenciales asociados a las actividades en el río Zarco que son susceptibles de causar impacto ambiental.

| N° | COMPONENTES | IMPACTOS POTENCIALES | ACTIVIDADES | | | | | | | | |
|--------------|--------------------------|--|---------------------------------------|-----------------------------------|-----------------------|------------------------|---|---|------------------------|------------------------------------|-----------------|
| | | | Producción agrícola de pequeña escala | Extracción de aguas superficiales | Ganadería semitensiva | Ganadería de traspatio | Trazos de zanjias o canales por donde se conduce agua | Mala disposición de los desechos sólidos. | Presencia de lavaderos | Uso de baños de fosa simple o pozo | Tala de árboles |
| 1 | F/Q AGUA | Contaminación del cuerpo de agua | | | | | | | | | |
| 2 | F/Q AGUA | Disminución del caudal | | | | | | | | | |
| 3 | F/Q SUELO | Contaminación del suelo | | | | | | | | | |
| 4 | F/Q SUELO | Erosión y compactación del suelo | | | | | | | | | |
| 5 | F/Q AIRE | Contaminación del aire | | | | | | | | | |
| 6 | B/E ECOSISTEMA | Pérdida de cobertura vegetal | | | | | | | | | |
| 7 | B/E ECOSISTEMA | Pérdida de hábitat | | | | | | | | | |
| 8 | E/O ECONOMICO/OPERACIONA | Generación de empleo | | | | | | | | | |
| 9 | S/C SOCIO CULTURAL | Pérdida de valores estéticos y paisajísticos | | | | | | | | | |
| TOTAL | | | 3 | 2 | 7 | 4 | 3 | 4 | 2 | 1 | 5 |

La valoración cualitativa realizada a partir de la matriz de identificación de impactos señaló la interacción entre las actividades identificadas y los impactos ambientales potenciales, como se muestra en la tabla 13. La ganadería semiextensiva presenta la mayor interacción con los impactos, seguida por la tala de árboles, la ganadería de traspatio y la mala disposición de los desechos sólidos.

4.4.2.2 Descripción de los impactos potenciales

Se identificaron las actividades susceptibles de causar impactos ambientales; se describieron los impactos potenciales y se categorizaron según los componentes ambientales definidos por dicho método. En la tabla 14 se describen los impactos ambientales asociados a las actividades identificadas y su posible efecto en los componentes físico/químico (F/Q), biológico/ecológico (B/E), Sociológico/cultural (S/C), económico/operacional (E/O).

Los impactos potenciales en el componente F/Q agua incluyen la contaminación de cuerpos de agua debido posiblemente a residuos de ganado, monocultivos, presencia de baños de fosa y lavaderos en ríos. También se destacó la disminución del caudal, principalmente por la construcción de zanjas o acequias de riego.

En cuanto al F/Q suelo, el uso de fertilizantes en la producción de forrajes puede favorecer una acumulación excesiva de nutrientes. Por otro lado, la erosión y compactación del suelo son consecuencia de la deforestación para pastizales y tierras de pastoreo.

En el F/Q aire, se menciona la contaminación provocada por las emisiones de metano del ganado y la quema inadecuada de desechos sólidos.

En el componente B/E ecosistémico, se describe la pérdida de cobertura vegetal, lo que expone el suelo a la erosión y aumenta la sedimentación en los cauces fluviales, afectando así la salud del ecosistema. La eliminación o alteración de la vegetación riparia y de manglar también podría resultar en la pérdida de hábitat para numerosas especies.

En el ámbito E/O económico-operacional, se resaltó la generación de empleo a través de actividades de cuidado de animales y producción agrícola a pequeña escala, que representan

fuentes de ingresos para las comunidades locales. Por último, en el componente S/C sociocultural, se menciona la pérdida de valores estéticos y paisajísticos debido a la alteración del medio natural, lo que afecta la singularidad del paisaje.

Tabla 14. Descripción de los impactos potenciales de las actividades identificadas para los componentes ambientales: (F/Q) agua, F/Q suelo, F/Q aire, (B/E) ecosistema, E/O económico/operacional, S/C socio cultural.

| IMPACTOS POTENCIALES | |
|---|---|
| COMPONENTE MEDIOAMBIENTAL | |
| F/Q AGUA | DESCRIPCIÓN |
| Contaminación del cuerpo de agua | El uso de baños de fosa simple, la presencia de lavaderos en el río, así como la deposición de heces de ganado, residuos de piensos, antibióticos y fertilizantes provenientes de monocultivos destinados a forraje, constituyen fuentes de contaminación de aguas superficiales y subterráneas. Según el Índice de Calidad del Agua (ICA) obtenido de una muestra en la sección media del río, la calidad del agua en esa área es regular. |
| Disminución del caudal | Principalmente, el trazo de acequias o zanjas por donde se conducen aguas para regadíos, produce una alteración del medio y del funcionamiento del río, que, aunado al cambio climático, podría producir una disminución del caudal o el cambio en el curso del río. |
| F/Q SUELO | DESCRIPCIÓN |
| Contaminación del suelo | La producción de forrajes muchas veces implica el uso de fertilizantes, lo que favorece la acumulación excesiva de nutrientes en el suelo. |
| Erosión y compactación del suelo | Los pastizales y las tierras destinadas al pastoreo del ganado favorecen la deforestación; por lo que sufren erosión, compactación del suelo e interrumpe el |

aporte de restos vegetales al suelo y la infiltración de agua a mantos freáticos.

| F/Q AIRE | DESCRIPCIÓN |
|---|---|
| Contaminación del aire | Los procesos entéricos del ganado generan emisiones de gas metano, y la inadecuada eliminación de los desechos sólidos, por medio de la quema, disminuye la calidad del aire. |
| B/E ECOSISTEMA | DESCRIPCIÓN |
| Pérdida de cobertura vegetal | La remoción de la vegetación natural deja la superficie del suelo expuesta a los agentes erosivos e incrementa la incorporación de sedimentos en el lecho del cauce; lo que puede tener efectos adversos significativos en la salud y función del ecosistema fluvial. |
| Pérdida de hábitat | La eliminación de la vegetación (riparia y de bosque de manglar) o una alteración de su composición altera las condiciones de temperatura, humedad y sombra bajo las que habitan algunas especies. Esto puede suponer la pérdida de hábitat para algunas especies |
| E/O (ECONÓMICO/ OPERACIONAL) | DESCRIPCIÓN |
| Generación de empleo | Actividades de cuidado y mantenimiento de animales y de producción agrícola a pequeña escala son fuente de empleo e ingresos para las familias de las comunidades locales. |
| S/C (SOCIO CUTURAL) | DESCRIPCIÓN |
| Pérdida de valores estéticos y paisajísticos | Pérdida de la singularidad paisajística por la alteración del medio. |

4.4.3 Evaluación de los impactos.

De acuerdo con el método RIAM, se calculó el puntaje ambiental de cada uno de los impactos, lo que permitió establecer la significatividad de cada uno. La contaminación del cuerpo de agua obtuvo el puntaje más bajo, con un valor de -28; seguida por la pérdida de valores estéticos y paisajísticos, con -18; la pérdida de hábitat, con -16; la pérdida de cobertura vegetal, con -14; la disminución del caudal, con -14); la contaminación del suelo, con -12 y la erosión y compactación del suelo, con -12). En contraste, El impacto con puntaje menos negativos fue la contaminación del aire, con un puntaje de -6. Por otro lado, la generación de empleo, registró un valor positivo de 10 (tabla 15).

Tabla 15. *Determinación del puntaje ambiental de los impactos potenciales.*

| N° | IMPACTO AMBIENTAL | | COMPONENTE MEDIO AMBIENTAL | | PUNTAJE AMBIENTAL | | | | | TOTAL |
|----|--|--|------------------------------|--|-------------------|----|----|----|----|-------|
| | Nombre genérico | | | | A1 | A2 | B1 | B2 | B3 | |
| 1 | Contaminación del cuerpo de agua | | F/Q AGUA | | 2 | -2 | 2 | 2 | 3 | -28 |
| 2 | Disminución del caudal | | F/Q AGUA | | 1 | -2 | 2 | 2 | 3 | -14 |
| 3 | Contaminación del suelo | | F/Q SUELO | | 1 | -2 | 2 | 2 | 2 | -12 |
| 4 | Erosión y compactación del suelo | | F/Q SUELO | | 1 | -2 | 2 | 2 | 2 | -12 |
| 5 | Contaminación del aire | | F/Q AIRE | | 1 | -1 | 2 | 2 | 2 | -6 |
| 6 | Pérdida de cobertura vegetal | | B/E ECOSISTEMA | | 1 | -2 | 3 | 2 | 2 | -14 |
| 7 | Pérdida de hábitat | | B/E ECOSISTEMA | | 1 | -2 | 3 | 2 | 3 | -16 |
| 8 | Generación de empleo | | E/O (ECONÓMICO/ OPERACIONAL) | | 1 | 2 | 3 | 1 | 1 | 10 |
| 9 | Pérdida de valores estéticos y paisajísticos | | S/C (SOCIO CUTURAL) | | 1 | -3 | 2 | 2 | 2 | -18 |

De acuerdo con los puntajes obtenidos, se determinó el tipo de impacto y la necesidad de implementar medidas ambientales para mitigar los efectos analizados. Los resultados, presentados en la tabla 16 indican que la contaminación del cuerpo de agua corresponde a un impacto negativo moderado, y la contaminación del aire es ligeramente negativa; mientras que la generación de empleo es positiva. Por otro lado, la disminución del caudal, la contaminación del suelo, la erosión y compactación del suelo, la pérdida de cobertura vegetal, la pérdida de hábitat y la pérdida de valores estéticos y paisajísticos se clasificaron como en la categoría impactos negativos. De estos, siete requieren la aplicación de medidas de adecuación, mitigación o restauración.

Tabla 16. Valoración de la magnitud de impactos según método RIAM.

| N° | IMPACTOS AMBIENTALES | DESCRIPCION DEL IMPACTO RIAM | | TIPO DE IMPACTO: POSITIVO, NEUTRO O NEGATIVO RV ALFABETICO | TIPO DE IMPACTO: POSITIVO, NEUTRO O NEGATIVO RV NUMERICO | DESCRIPCION DEL TIPO DE IMPACTO | MEDIDAS DE ADECUACIÓN, MITIGACIÓN, RESTAURACIÓN |
|----|--|------------------------------|----------|--|--|---------------------------------|---|
| | | POSITIVO | NEGATIVO | | | | |
| 1 | Contaminación del cuerpo de agua | | -28 | (-C) | -3 | NEGATIVO MODERADO | APLICA |
| 2 | Disminución del caudal | | -14 | (-B) | -2 | NEGATIVO | APLICA |
| 3 | Contaminación del suelo | | -12 | (-B) | -2 | NEGATIVO | APLICA |
| 4 | Erosión y compactación del suelo | | -12 | (-B) | -2 | NEGATIVO | APLICA |
| 5 | Contaminación del aire | | -6 | (-A) | -1 | LIGERAMENTE NEGATIVO | NO APLICA |
| 6 | Pérdida de cobertura vegetal | | -14 | (-B) | -2 | NEGATIVO | APLICA |
| 7 | Pérdida de hábitat | | -16 | (-B) | -2 | NEGATIVO | APLICA |
| 8 | Generación de empleo | 10 | | (B) | 2 | POSITIVO | NO APLICA |
| 9 | Pérdida de valores estéticos y paisajísticos | | -18 | (-B) | -2 | NEGATIVO | APLICA |

4.5 Plan de acción ambiental

4.5.1 Acciones de restauración

4.5.1.1 Reforestación en zona de pastizales.

En los alrededores de la zona transicional de manglar existen principalmente parcelas de pastoreo de ganado y de cultivo de pastizales, por lo que casi no se observa vegetación arbórea en los bordes del río y se ha perdido la conectividad entre el manglar y la vegetación de bosque ribereño. Las zonas de riberas requieren de cobertura permanente de vegetación, ya que funciona como una barrera de sedimentos, controla la erosión y mantiene las condiciones de humedad. Por lo que se ha identificado esta zona como potencial a restaurar. El tramo tiene una extensión de 829 m (figura 26).

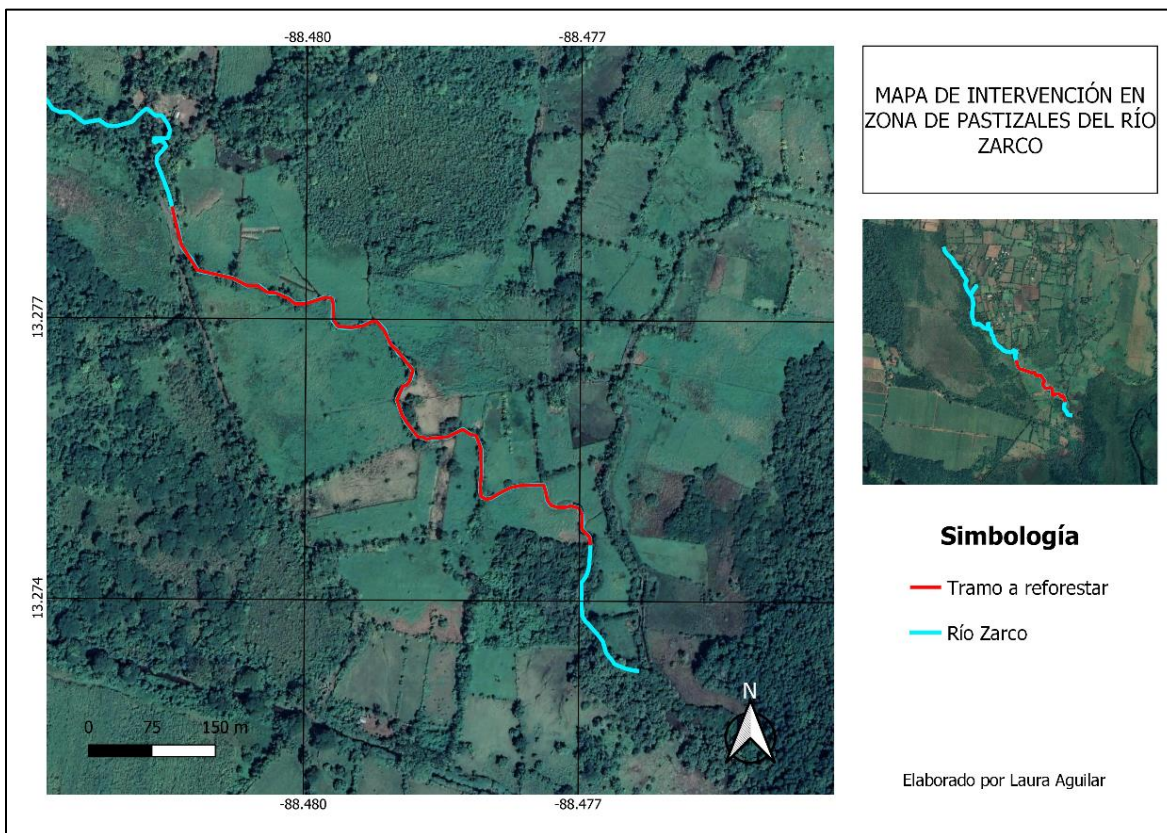


Figura 26. Ubicación de la zona propuesta para la reforestación aledaña a la zona de manglar, San Dionisio, Usulután. Fuente: elaboración propia.

Para mejorar las condiciones ecológicas del sitio, se propone la reforestación de franjas de vegetación riparia en los márgenes del cauce, con individuos de “Huiscoyol” (*Bactris major*), “ixcanal” (*Acacia cornigera*), “almendro de río” (*Andira inermis*), “pepeto” (*Inga sp*), “tigüilote” (*Cordia dentata*), “amate” (*Ficus maxima*), “caulote” (*Guazuma ulmifolia*) y “papaturo” (*Coccoloba caracasana*). Se utilizarán estas especies debido a que forman parte de la vegetación propia del sitio.

El objetivo es evitar la incorporación de sedimentos al caudal y la contaminación con agroquímicos, brindar aportes de materia orgánica que favorecen los eslabones tróficos de las comunidades biológicas, controlar la erosión y mejorar la conectividad natural de los ecosistemas del río Zarco.



Figura 27. Vista general de la zona de cultivo de pastizales con potencial para su restauración.

A continuación, se detallan los pasos a seguir para realizar la intervención de reforestación, de acuerdo a la Guía técnica para la restauración en El Salvador Restauración de manglar y bosque de galería (Nello *et al.*, 2018).

- **Limpieza del terreno.** El primer paso es la limpieza del sitio para facilitar la distribución de las plantas; para lo cual será necesario remover el pasto, malezas, troncos, rocas y cualquier otro obstáculo. En una franja de 25 m a cada lado del río. La maleza removida se puede incorporar a la tierra para evitar la pérdida de humedad.
- **Cercado.** Para asegurar que la plantación no será afectada por animales como el ganado, es necesario realizar un cercado. Para estos casos se recomienda cercar con alambre de púas con postes vivos cada 1 m. Para esta intervención se recomienda utilizar postes vivos de especies como mangollano (*Pithecelobium dulce*), Sauce (*Salix humboldtiana*), madre cacao (*Gliricidia sepium*), Almendro de playa (*Terminalia catappa*) y Maquilishuat (*Tabebuia rosea*), que son las especies que se encuentran en los alrededores.
- **Trazado, estaquillado y ahoyado del terreno.** En esta etapa se señalan con estacas los puntos exactos donde se harán los hoyos para plantar los árboles. Para el trazado se utiliza el sistema de “pata de gallo”, el cual indica un distanciamiento entre cada árbol de 10 m y 16 m respecto a la hilera central, formando un triángulo. Para el ahoyado, cada agujero debe ser de al menos 30 x 30 cm, aunque si el terreno está muy compactado o con piedras estos podrían ser de hasta 50 x 50 cm.
- **Siembra por trasplante.** Algunas plantas pueden obtenerse de un lugar conservado del bosque de galería en zonas aledañas, tomando en cuenta la altura necesaria del árbol para ese sitio. Para la remoción y traslado de las plantas se propone la utilización de cubetas y palas.
- **Siembra de árboles.** Para la siembra de los plantines se recomienda ir mezclando las especies, teniendo cuidado de que queden de forma recta y centrada en los puntos anteriormente señalados y que sus raíces queden cubiertas.
- **Cuidados.** Posterior a la plantación debe considerarse la limpieza de malezas alrededor de la planta, como mínimo 1 m alrededor del árbol, y evitar el ingreso de animales en el área mientras el árbol crece.

Para esta intervención solo se estiman gastos para la realización de la acción en campo, sin tomar en cuenta gastos de empleado técnico y administrativo.

Tabla 17. Costo aproximado para la intervención de 4.2 ha en el río Zarco.

| Actividad/insumo | Unidad | Cantidad | Precio unitario | Total |
|---|---------------|-----------------|------------------------|-------------------|
| Traslado, ahoyado y siembra de árboles | jornal | 800 | 10.00 | 8,000.00 |
| Cubetas | unidad | 50 | 4.00 | 200.00 |
| Jornales de cercado | jornal | 100 | 10.00 | 1,000.00 |
| Cercado con postes vivos | poste | 1,758 | 2.00 | 3,516.00 |
| Palas dúplex | unidad | 15 | 17.25 | 258.75 |
| Grapas | libra | 100 | 1.10 | 110.00 |
| Viajes de acarreo de materiales | viaje | 5 | 50.00 | 250.00 |
| Carretillas | unidad | 4 | 38.00 | 152.00 |
| Jornal de cercado | jornal | 150 | 10.00 | 1,500.00 |
| Corvos | unidad | 15 | 5.95 | 89.25 |
| Palas | unidad | 16 | 8.00 | 128.00 |
| Plantas | unidad | 500 | 2.00 | 1,000.00 |
| | | | TOTAL | 16, 204.00 |

4.5.1.2 Desazolve en nacimiento # 3 del río Zarco.

En un tramo de uno de los nacimientos de agua (nacimiento # 3), ubicado en las coordenadas geográficas: 13°16'54.40"N, 88°29'3.15"O (figura 28), se constató, por medio de la observación directa y de los comentarios de uno de los habitantes de la zona, que hay mucho sedimento. El flujo de agua no se ve obstruido, sin embargo, hay lodo, ramas caídas y algunos residuos plásticos que requieren de remoción y limpieza. Esta zona es muy importante para los habitantes, ya que es utilizada para lavar ropa y también de abastecimiento para uso doméstico y regadíos en casas aledañas; por esta razón es importante mantener limpio y evitar que el canal se azolve debido a la acumulación de sedimento.

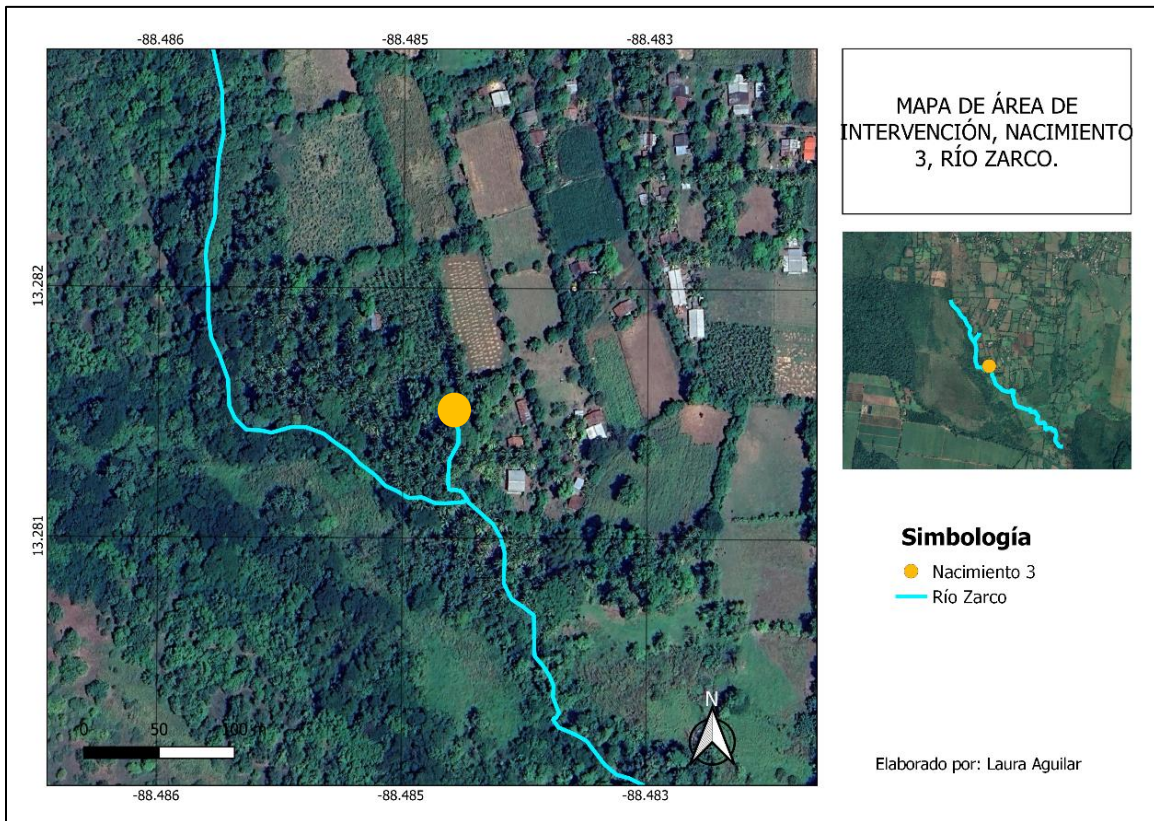


Figura 28. El color naranja indica la ubicación del nacimiento #3 del río propuesto, para su respectiva limpieza. Río Zarco, San Dionisio, Usulután. Fuente: Elaboración propia.

Tabla 18. Costo aproximado para la intervención en uno de los nacimientos del Río Zarco.

| Actividad/insumo | Unidad | Cantidad | Precio unitario | Total |
|------------------------|--------|----------|-----------------|---------------|
| Escarbe | jornal | 30 | 10.00 | 300.00 |
| Remoción de sedimentos | jornal | 30 | 10.00 | 300.00 |
| Palas | unidad | 10 | 8.00 | 80.00 |
| Azadones | unidad | 10 | 14.95 | 149.50 |
| Carretilla | unidad | 3 | 38.00 | 114.00 |
| | | | TOTAL | 943.50 |

4.5.1.3 Limpieza de dos nacimientos de agua.

En la parte alta del río se encontraron otros dos nacimientos, a los cuales se les ha denominado “nacimiento #1” y “nacimiento #2” para su identificación, y cuyas coordenadas geográficas son 13°17'18.85"N, 88°29'18.16"O y 13°17'7.02"N, 88°29'7.13"O, respectivamente (figura 29). El nacimiento #1 está aislado, de manera natural, por un pequeño risco y vegetación, y también, de manera artificial, por un cercado con alambrado de púas. Mientras que el nacimiento #2 (figura 30) no está aislado por ningún elemento, por lo que requerirá un pequeño cercado. Para ambos nacimientos se recomienda su conservación mediante la limpieza y reforestación.

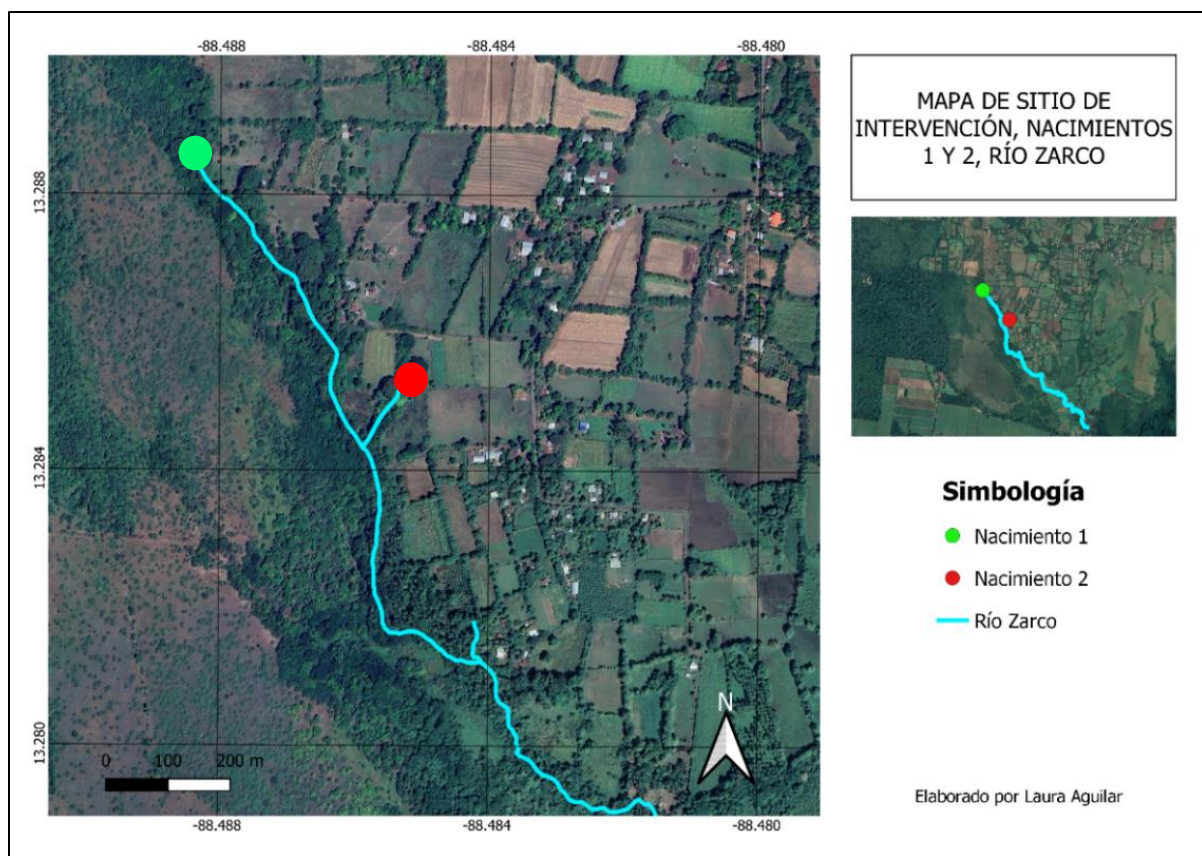


Figura 29. Los colores rojo y verde indican la ubicación de los sitios propuestos para su limpieza. Río Zarco, San Dionisio, Usulután. Fuente: elaboración propia.



Figura 30. *Nacimiento de agua #2*

Debido a que el diámetro de estos nacimientos es pequeño, para la limpieza se necesita únicamente sacar hojarasca, ramas que se encuentran acumulados en el fondo y en sus paredes y, si es necesario, la profundización de los nacimientos usando palas y azadones; tomando en cuenta que la profundidad debe ser como mínimo de 50 cm, dejando un cauce natural para que no se estanque el agua. Si el nacimiento tiene buena profundidad, no se realizará este proceso de ahondamiento.

El material que se retira se deja en un lugar donde la lluvia o el accionar de los animales no lo arrastren nuevamente dentro del nacimiento. En lo posible se debe trabajar solamente el área puntual del nacimiento, manteniendo siempre su estado natural.

Realizado lo anterior, para proteger los nacimientos, se recomienda plantar vegetación nativa arbustiva como “ixcanal” (*Acacia cornigera*) o Huiscoyol (*Bactris major*) alrededor, con el objetivo de crear una barrera natural que aisle el sitio para que no se perturbe su estructura

física y que el enraizado que se forme sirva para dar resistencia y soporte al suelo.

En el caso del nacimiento #2, que no está aislado por ningún elemento natural o artificial y que está ubicado cerca de zonas de pastoreo de ganado y cerca de una vereda, se requerirá de un pequeño cercado con 4 postes y tres alambres de púas, aislando un perímetro externo con al menos 1m por fuera de su perímetro interno. Esto únicamente para evitar el paso de animales que puedan dañar el sitio.

Tabla 19. Costo aproximado para la intervención en nacimiento #1 del Río Zarco.

| Limpieza | | | | |
|-------------------------|---------------|-----------------|------------------------|--------------|
| Actividad/insumo | Unidad | Cantidad | Precio unitario | Total |
| Jornales | jornal | 2 | 20.00 | 40.00 |
| Pala | unidad | 1 | 8.00 | 8.00 |
| Azadón | unidad | 1 | 14.95 | 14.95 |
| Pala duplex | unidad | 1 | 17.25 | 17.25 |
| Balde | unidad | 1 | 4.00 | 4.00 |
| Cinta métrica | unidad | 1 | 8.60 | 8.60 |
| Plantas | unidad | 25 | 2.00 | 50.00 |
| | | | TOTAL | 142.8 |

Tabla 20. Costo aproximado para la intervención en nacimiento #2 del Río Zarco.

| Actividad/insumo | Unidad | Cantidad | Precio unitario | Total |
|-------------------------|---------------|-----------------|------------------------|--------------|
| Jornales | jornal | 2 | 20.00 | 40.00 |
| Pala | unidad | 1 | 8.00 | 8.00 |
| Azadón | unidad | 1 | 14.95 | 14.95 |
| Balde | unidad | 1 | 4.00 | 4.00 |
| Alicate | unidad | 1 | 5.50 | 5.50 |
| Martillo | unidad | 1 | 4.22 | 4.22 |
| Alambre de púas | rollo | 1 | 26.85 | 26.85 |
| Grapas | libra | 1 | 1.10 | 1.10 |
| Cinta métrica | unidad | 1 | 8.60 | 8.60 |

| Actividad/insumo | Unidad | Cantidad | Precio unitario | Total |
|-------------------------|---------------|-----------------|------------------------|---------------|
| Postes | unidad | 4 | 2.00 | 8.00 |
| Plantas | unidad | 15 | 2.00 | 30.00 |
| | | | TOTAL | 151.22 |

4.5.2 Programa de educación ambiental

4.5.2.1 Identificación del público meta.

El público meta está constituido por las comunidades locales y los productores agropecuarios, del cantón San Francisco, especialmente los de la zona aledaña al río Zarco; además de los funcionarios de la alcaldía de San Dionisio.

En el cantón San Francisco existe una de las 8 ADESCOS que hay en el municipio (MIVI, 2015). Se pudo apreciar, de acuerdo a las reuniones de socialización con los actores locales, que existe poco interés de los habitantes en participar o involucrarse en las organizaciones comunitarias y una débil participación ciudadana, por lo que se debe considerar la promoción de la participación de todos los actores locales involucrados en el desarrollo del municipio.

Los productores agrícolas y ganaderos que viven cerca del área son susceptibles al uso de prácticas inadecuadas, que, aunado a la poca asistencia técnica, propician la presión sobre los ecosistemas ribereños y costeros presentes en la zona. Por ello es necesario priorizar temas que aborden patrones de producción y consumo más limpio, tecnificación y mejora de las explotaciones actuales para el fortalecimiento de las capacidades locales, y mejorar los medios de vida y el fomento de la diversificación de actividades, buscando la sostenibilidad de estas.

Un grupo importante son los niños, niñas y jóvenes de los dos centros escolares con los que cuenta el Cantón San Francisco: el Centro Escolar Cantón San Francisco y el Centro Escolar Caserío Mundo Nuevo; en los que se necesita reforzar el conocimiento sobre los recursos naturales a nivel local, su importancia y protección.

Otro público importante son los funcionarios de la alcaldía, especialmente la unidad ambiental del municipio, en los que se necesita reforzar el conocimiento sobre los recursos naturales a nivel local, su importancia y legislación existente relacionada para un mejor cumplimiento de sus actividades.

4.5.2.2 Objetivos.

Objetivo General:

Contribuir a la sensibilización ambiental de las comunidades locales, funcionarios de la alcaldía y productores agropecuarios; por medio de un programa de educación ambiental para dos años que fomente el desarrollo de capacidades en la conservación, restauración y manejo de los recursos naturales del río Zarco.

Objetivos específicos:

1. Formular actividades de educación ambiental para las comunidades locales, que les permitan conocer la importancia de los recursos naturales existentes y su vulnerabilidad, así como la necesidad de protegerlos y conservarlos.
2. Fortalecer las capacidades y conocimientos técnicos del personal municipal en temas de protección, conservación y manejo sostenible del ambiente dentro de su jurisdicción.
3. Desarrollar talleres y capacitaciones para los productores agrícolas y ganaderos, que fomenten patrones de producción y consumo más limpios, así como la mejora de las actividades productivas actuales, orientándolas hacia la sostenibilidad.

A continuación, se presenta el programa de educación ambiental separado en tres subprogramas, basados en los grupos meta:

Tabla 21. *Subprograma de educación ambiental y participación comunitaria.*

| Subprograma: educación ambiental y participación comunitaria | | | | | | | |
|---|--|----------------------------|---|--|--|--|--|
| Objetivo: formular actividades de educación ambiental para las comunidades locales, que les permitan conocer la importancia de los recursos naturales existentes y su vulnerabilidad, así como la necesidad de protegerlos y conservarlos. | | | | | | | |
| Público meta: comunidades locales | | | | | | | |
| Actividad | Meta | Plazo | Metodología | Recursos | Responsables | Indicador | Monitoreo |
| Taller para el manejo responsable de residuos | Capacitar a 50 habitantes de las comunidades del río Zarco sobre prácticas de manejo responsable de residuos sólidos, en dos talleres, logrando que al menos el 80% de los participantes implementen técnicas de reciclaje y reducción de residuos en sus hogares dentro del primer mes. | Dos talleres el primer año | <ul style="list-style-type: none"> • Diseño metodológico de talleres. • Dinámicas participativas • Juegos de clasificación de residuos para que los participantes practiquen lo aprendido. • Elaboración de compost | <ul style="list-style-type: none"> • Materiales educativos • Alimentación • equipos audiovisuales • posters e infografías • materiales de demostración • materiales de actividad práctica. | <ul style="list-style-type: none"> • Educador ambiental • Alcaldía de San Dionisio • Unidad Ambiental Municipal | 2 talleres realizados, 2 cartas didácticas, Listas de asistencia, fotografías, porcentaje de encuestas con 70% de aciertos, porcentaje de participantes que implementan técnicas de reciclaje y reducción de desechos. | Registro y tabulación de resultados de cuestionarios |
| Campaña de limpieza comunitaria | Recolectar residuos sólidos en tres jornadas anuales, con la participación de al menos 50 voluntarios de las comunidades | Tres jornadas anuales | <ul style="list-style-type: none"> • Identificación de zonas de intervención • Identificación y convocatoria de los participantes | <ul style="list-style-type: none"> • Logística, • Financiamiento • transporte • materiales • herramientas. | <ul style="list-style-type: none"> • Educador/técnico • Alcaldía de San Dionisio • unidad ambiental • líderes comunitarios | 6 campañas realizadas | <ul style="list-style-type: none"> • Registro del número de voluntarios participantes y las horas dedicadas |

| Actividad | Meta | Plazo | Metodología | Recursos | Responsables | Indicador | Monitoreo |
|--|---|----------------------|---|---|---|--|--|
| | locales, mejorando la limpieza y el aspecto de las áreas aledañas al río Zarco. | | <ul style="list-style-type: none"> Movilización comunitaria Recolectar y clasificar los residuos. Coordinar la disposición final y reciclaje | | | | <ul style="list-style-type: none"> Reporte de la cantidad de residuos recolectados Resultados de encuestas para medir la percepción de la comunidad |
| Campaña de reforestación de la ribera | Reforestar 5 hectáreas de la ribera del río Zarco con especies nativas en un plazo de dos años, involucrando activamente a las comunidades locales en el proceso. | Dos campañas anuales | <ul style="list-style-type: none"> Trabajar con ONG, empresas locales, escuelas y otras instituciones para obtener apoyo logístico, financiero y de voluntarios. Buscar patrocinadores y donaciones para cubrir los costos de materiales y otros gastos de la campaña. Establecer áreas de intervención Formar a los participantes en técnicas de plantación. | <ul style="list-style-type: none"> Logística Financiamiento Transporte Materiales Herramientas asesoría técnica | <ul style="list-style-type: none"> Técnico Alcaldía de San Dionisio unidad ambiental líderes comunitarios | <ul style="list-style-type: none"> 4 campañas realizadas sitios reforestados y arborizados | <ul style="list-style-type: none"> Resultados de seguimiento mensual para evaluar la supervivencia de las plantas Monitoreo de la participación comunitaria, registrando la cantidad de personas involucradas en las actividades de mantenimiento. |
| Proyecto huerto comunitario | Establecer un huerto comunitario en un plazo de 3 meses, con la participación activa de 15 familias de la comunidad local, promoviendo la | Tres meses | <ul style="list-style-type: none"> Identificar una ubicación adecuada. Diseño del huerto Capacitación en técnicas de siembra y cuidado de cultivos. | <ul style="list-style-type: none"> Logística Financiamiento Transporte Materiales Herramientas asesoría técnica | <ul style="list-style-type: none"> técnico Alcaldía de San Dionisio unidad ambiental líderes comunitarios | <ul style="list-style-type: none"> Número de voluntarios activos producción de alimentos | <ul style="list-style-type: none"> Resultados de la producción de hortalizas por variedad y comparar con las |

| Actividad | Meta | Plazo | Metodología | Recursos | Responsables | Indicador | Monitoreo |
|--|---|----------------------------------|---|---|--|---|---|
| | seguridad alimentaria y el trabajo colaborativo en la comunidad. | | <ul style="list-style-type: none"> Involucramiento de la comunidad en las tareas del huerto | | | | <p>expectativas iniciales.</p> <ul style="list-style-type: none"> Frecuencia de asistencia y tareas realizadas por las familias involucradas en las actividades del huerto |
| Establecimiento de un comité de acción ambiental. | Formar un comité de acción ambiental con al menos 10 miembros de la comunidad en el primer año de implementación del programa, que colabore activamente con la alcaldía y se reúna al menos dos veces al año para desarrollar y ejecutar proyectos de conservación y manejo sostenible de los recursos naturales. | Desde el primer año del programa | <ul style="list-style-type: none"> Identificar e incorporar a individuos comprometidos con el medio ambiente y con habilidades relevantes, como líderes comunitarios Definir Roles y responsabilidades Desarrollo de un plan de acción | <ul style="list-style-type: none"> Logística Financiamiento Transporte Materiales Herramientas asesoría técnica | <ul style="list-style-type: none"> Alcaldía de San Dionisio unidad ambiental líderes comunitarios | <ul style="list-style-type: none"> Número de miembros activos Asistencia a reuniones y eventos Número de proyectos implementados | <ul style="list-style-type: none"> Resultados de la implementación de los proyectos ambientales acordados. Número de reuniones realizadas Porcentaje de asistencia de los miembros del comité a lo largo de dos años Número de acuerdos sobre la gestión de recursos naturales. |

Tabla 22. Subprograma de gestión ambiental.

| Subprograma: gestión ambiental municipal | | | | | | | |
|--|--|---|---|---|---|--|---|
| Objetivo: fortalecer las capacidades y conocimientos técnicos del personal municipal en temas de protección, conservación y manejo sostenible del ambiente dentro de su jurisdicción. | | | | | | | |
| Público meta: funcionarios de la alcaldía | | | | | | | |
| Actividad | Meta | Plazo | Metodología | Recursos | Responsables | Indicador | Monitoreo |
| Taller de legislación ambiental | Capacitar a al menos 7 funcionarios de la alcaldía en legislación ambiental vigente en un taller de 3 días, asegurando que al menos el 90% de los participantes mejoren su conocimiento y apliquen las normativas en la planificación de proyectos municipales dentro de los siguientes 6 meses. | Un taller | <ul style="list-style-type: none"> Evaluación el nivel de conocimiento de los funcionarios. Diseño metodológico de talleres. Capacitación teórica Actividades Prácticas | <ul style="list-style-type: none"> Materiales educativos Alimentación | Expertos en las temáticas a tratar. -Educador ambiental -Alcaldía de San Dionisio Unidad Ambiental Municipal | <ul style="list-style-type: none"> Un taller realizado Una carta didáctica una lista de asistencia Fotografías | Registro y tabulación de resultados de cuestionarios |
| Establecimiento de mesas de diálogo | Organizar y realizar al menos 2 mesas de diálogo entre líderes de las comunidades locales y funcionarios de la alcaldía en un plazo de 12 meses, facilitando acuerdos sobre la gestión sostenible de los recursos naturales y la resolución de conflictos ambientales en la región. | Dos mesas de diálogo anuales por dos años | Identificación de líderes comunitarios, grupos organizados, hombres, mujeres y jóvenes, como actores clave de la comunidad -Gestionar asesoría especializada -Coordinar la participación de funcionarios de la alcaldía | Especialistas que puedan discutir sobre un tema específico, ante la problemática -Alimentación | Educador/técnico, alcaldía de San Dionisio, líderes comunitarios | 4 ayuda memorias | Resultados de: <ul style="list-style-type: none"> Número de reuniones realizadas número de asistentes y diversidad de actores, porcentaje de implementación de acuerdos alcanzados resultados de encuestas para medir la satisfacción de los participantes |

Tabla 23. Subprograma de educación ambiental a productores agropecuarios.

| Subprograma: educación ambiental a productores agropecuarios | | | | | | | |
|--|--|-----------------|---|--|---|--|---|
| Objetivo: desarrollar talleres y capacitaciones para los productores agrícolas y ganaderos, que fomenten patrones de producción y consumo más limpios, así como la mejora de las actividades productivas actuales, orientándolas hacia la sostenibilidad. | | | | | | | |
| Público meta: productores agropecuarios de la zona | | | | | | | |
| Actividad | Meta | Plazo | Metodología | Recursos | Responsables | Indicador | Monitoreo |
| Taller práctico de cultivos agroforestales. | Capacitar a 30 agricultores locales en la implementación de sistemas agroforestales a través de dos talleres prácticos de 2 días, logrando que al menos el 70% de los participantes inicien prácticas agroforestales en sus parcelas dentro de los siguientes 6 meses. | Un taller anual | <ul style="list-style-type: none"> Identificación de productores agrícolas de la zona Diseño metodológico del taller Capacitación Teórica Realización de una plantación demostrativa Evaluar la implementación de las técnicas | Materiales educativos, alimentación, asesoría técnica, educadores ambientales, transporte. | Educador ambiental, Alcaldía de San Dionisio, Unidad Ambiental, Técnicos. | 2 talleres realizados 2 cartas didácticas 2 listas de asistencia Fotografías Adopción de prácticas agroforestales - Mejoras en la productividad y sostenibilidad | <ul style="list-style-type: none"> Resultados de evaluación práctica registro del número de agricultores capacitados resultados de la evaluación de la implementación de los sistemas agroforestales en las parcelas de los participantes. |
| Taller práctico de cultivos agroecológicos | Formar a 25 productores en técnicas de cultivos agroecológicos en un taller práctico de 3 días, promoviendo que al menos el 80% de los participantes adopten prácticas sostenibles en sus cultivos en los próximos 4 meses | Un taller anual | <ul style="list-style-type: none"> Diseño metodológico Gestionar asesoría especializada Capacitación teórica Realización de actividades prácticas demostrativas Monitoreo de la adopción de prácticas agroecológicas. | Materiales Educativos Alimentación, Asesoría, Técnica, Transporte | Técnico, Alcaldía de San Dionisio, Unidad Ambiental | Adopción de prácticas agroecológicas 2 talleres realizados 2 cartas didácticas 2 listas de asistencia Fotografías | <ul style="list-style-type: none"> Resultados de evaluación práctica registro del número de agricultores capacitados verificación semestral de la implementación de prácticas agroecológicas en las parcelas de los participantes. |

| Actividad | Meta | Plazo | Metodología | Recursos | Responsables | Indicador | Monitoreo |
|---|---|--|--|---|---|--|--|
| Proyecto de Granjas de aves de traspatio | Establecer 15 granjas de aves de traspatio en las comunidades locales dentro de un plazo de 6 meses, proporcionando capacitación y financiamiento a 15 familias en el manejo sostenible de las granjas y asegurando que al menos el 75% de ellas aumenten su producción de alimentos de manera sostenible en el primer año. | •Establecimiento de 15 mini granjas de traspatio | <ul style="list-style-type: none"> • Identificación de los participantes • Gestión de asesoría especializada • Capacitación sobre el manejo de aves y producción • Establecimiento de granjas • Seguimiento de la producción | Materiales para establecimiento de proyectos, asesoría técnica especializada, financiamiento, logística, transporte, fuentes de financiamiento. | Técnico, Alcaldía de San Dionisio, Unidad Ambiental | Número de proyectos establecidos y funcionando | <ul style="list-style-type: none"> • Registro mensual de la producción de huevos o carne por parte de las familias participantes • Resultados de la evaluación de las condiciones sanitarias y el bienestar de las aves mediante visitas periódicas. • Tabulación de encuestas a las familias participantes para medir la mejora en su seguridad alimentaria y en la economía |
| Proyecto de huertos agroecológicos | Desarrollar 15 huertos agroecológicos comunitarios en un plazo de 8 meses, involucrando a 15 familias locales en la producción de hortalizas bajo principios agroecológicos, con la meta de que al menos el 85% de los participantes mejoren su seguridad alimentaria en el primer año. | Establecimiento de 15 huertos agroecológicos | <ul style="list-style-type: none"> • Identificación de los participantes • Gestión de asesoría especializada • Capacitación sobre técnicas de cultivo agroecológico • Establecimiento de huertos • Seguimiento de la producción | Materiales para establecimiento de proyectos, asesoría técnica especializada, financiamiento, logística, transporte, fuentes de financiamiento | Técnico, Alcaldía de San Dionisio, Unidad Ambiental | Número de proyectos establecidos y funcionando | <ul style="list-style-type: none"> • Registro mensual de la producción • Evaluación del uso de las técnicas y su efectividad. • Tabulación de encuestas a las familias participantes para medir la mejora en su seguridad alimentaria y en la reducción del uso de agroquímicos. |

4.5.2.3 Monitoreo, evaluación e indicadores.

Para lograr los objetivos planteados será necesario realizar de forma continuada un monitoreo y evaluación del estado y ejecución de las actividades propuestas; lo cual permitirá corregir cualquier inconveniente que surja en el desarrollo del programa y verificar si todo se está llevando a cabo según lo planeado o si se obtuvieron los resultados esperados. Es necesario que se haga de forma continuada durante todo el proceso, mediante una evaluación Inicial, evaluación del proceso y una evaluación posterior a la actividad.

El equipo que ejecuta el programa determinará la elaboración de los formularios con los indicadores que se utilizarán en el seguimiento del plan, con base en los objetivos formulados en el programa; así como la periodicidad con la que se realizarán las evaluaciones. En cuanto a las herramientas que pueden utilizarse en este proceso se incluyen entrevistas, encuestas, cuestionarios y visitas a campo, con el objetivo de verificar la adopción de nuevas prácticas.

Tabla 24. Preguntas de evaluación e indicadores que se pueden realizar de acuerdo a objetivos. Fuente: adaptado de Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales [SEMARNAT] (2010).

| Preguntas de evaluación | | | | | |
|--------------------------------------|--|--|---|---|--|
| ¿Se lograron las metas del programa? | ¿Todas las actividades ocurrieron como se propusieron? ¿Cuál fue la calidad de la intervención? ¿El contenido fue apropiado? | ¿Participaron los miembros de los grupos de meta? ¿Quién no participó? ¿Quién más fue alcanzado? | ¿Se aumentó el conocimiento? ¿Aumentó el conocimiento sobre el medio ambiente, su importancia y medidas de conservación? ¿Qué más pasó? | ¿Los miembros continúan implementando de buenas prácticas ambientales? ¿Están participando en otras actividades? | ¿En qué grado ha aumentado la cobertura vegetal? ¿De qué otras formas se ha aumentado la calidad del ecosistema? |
| Indicadores | | | | | |
| Número de personal Financiamiento | Número de talleres programados Número de eventos | Asistencia actual vs deseada Porcentaje que asistieron por taller o sesión | Porcentaje y número con conocimiento aumentado sobre medio ambiente y recursos naturales locales | Porcentaje de aplicación de conocimientos y habilidades para la protección del medio ambiente e implementación de buenas prácticas ambientales. | Beneficios ambientales positivos. Resultados adicionales. |

4.5.2.4 Cronograma.

A continuación, se presenta el cronograma de actividades del programa de educación ambiental, organizado en tres subprogramas para un periodo de dos años. Cada año está dividido por meses, de enero (E) a diciembre (D). Los cuadros sombreados en negro señalan los meses en que se llevará a cabo cada actividad.

| ACTIVIDADES | AÑO 1 | | | | | | | | | | | | AÑO 2 | | | | | | | | | | | | |
|---|-------|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|-------|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | MES | E | F | M | A | M | J | J | A | S | O | N | D | E | F | M | A | M | J | J | A | S | O | N | D |
| Subprograma: educación ambiental y participación comunitaria | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Taller para el manejo responsable de residuos | | | | ■ | | | | | | ■ | | | | | | | | | | | | | | | |
| Campaña de limpieza comunitaria | | | | | ■ | | | | ■ | | | ■ | | | | | ■ | | | | | ■ | | | ■ |
| Campaña de reforestación de la ribera | | | | | | | | ■ | | | ■ | | | | | | ■ | | | | | ■ | | | |
| Proyecto huerto comunitario | | | | | | | | | | | | | | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ |
| Establecimiento de un comité de acción ambiental. | ■ | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Subprograma: gestión ambiental municipal | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Taller de legislación ambiental | | ■ | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Establecimiento de mesas de diálogo | | | | | ■ | | | | | | ■ | | | | | | | | ■ | | | | | | ■ |
| Subprograma: educación ambiental a productores agropecuarios | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Taller práctico de cultivos agroforestales | | | | | | | | ■ | | | | | | | | | | | | ■ | | | | | |
| Taller práctico de cultivos agroecológicos | | | | | | | | ■ | | | | | | | | | | | | ■ | | | | | |
| Proyecto de Granjas de aves de traspatio | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ |
| Proyecto de huertos agroecológicos | | | | | | | | | | | | | | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ |

5. CONCLUSIONES

El análisis estructural de las variables asociadas a los ecosistemas costero-marinos del río Zarco revela la necesidad de una gestión ambiental estratégica y multidimensional. Las variables clave y determinantes: la planificación territorial, el marco legal, la cooperación institucional, la aplicación y cumplimiento, el riesgo económico, la vulnerabilidad, las actividades económicas, y la educación ambiental son importantes para el éxito en la conservación y manejo del ecosistema. Un enfoque que priorice las acciones según la influencia de cada variable es esencial para maximizar el impacto positivo en estos ecosistemas y los servicios que ofrecen.

Las visitas a campo permitieron identificar 14 especies de fauna y 34 especies de flora a lo largo del río Zarco, destacando la presencia de manglares en la desembocadura y una variada vegetación ribereña en su curso medio y alto. Aunque la mayoría de las especies se encuentran en “Preocupación Menor” según la UICN, es crucial prestar atención a las especies en riesgo, como *Brotogeris jugularis* (Catalnica), que está clasificada como “Amenazada” a nivel nacional *Rhizophora racemosa*, que se encuentra en estado “amenazado” para El Salvador, y *Avicennia germinans* y *Laguncularia racemosa*, que se encuentran en peligro. Estos resultados enfatizan la necesidad de estrategias de conservación para proteger la biodiversidad de esta región.

La calidad del agua del río Zarco para el tramo evaluado se determinó que es regular, lo cual indica que, aunque el agua puede sostener vida acuática, sus condiciones no son óptimas; lo que podría limitar la biodiversidad, afectar la salud de los organismos y de las comunidades que hacen uso de ella para realizar actividades cotidianas.

Se identificaron las actividades susceptibles de causar impactos ambientales. La ganadería semiextensiva mostró la mayor interacción con los impactos potenciales, seguida por la ganadería de traspatio, la tala de árboles y el trazo de acequias o canales de riego.

El impacto potencial más negativo en la evaluación de impacto ambiental fue la contaminación del cuerpo de agua, clasificada como un impacto negativo moderado. Además, se identificaron

otros impactos potenciales, como consecuencia de las actividades que tienen lugar en la zona: disminución del caudal, contaminación del suelo, erosión y compactación del suelo, pérdida de cobertura vegetal, pérdida de hábitat y pérdida de valores estéticos y paisajísticos. Todos estos fueron calificados como negativos, lo que resalta la necesidad de implementar medidas de adecuación, mitigación o restauración para minimizar sus posibles efectos y proteger el entorno.

6. RECOMENDACIONES

Es necesario implementar la gestión efectiva de los recursos naturales en el río Zarco, lo que requiere acciones basadas en las variables identificadas en el diagnóstico socioeconómico y ambiental. Es fundamental priorizar y gestionar cuidadosamente las siguientes variables: planificación territorial, el marco legal, la cooperación institucional, la aplicación y cumplimiento, el riesgo económico, la vulnerabilidad, las actividades económicas, y la educación ambiental; y también fortalecer la gestión para variables organización comunitaria, riesgo ambiental, presión antropogénica, contaminación ambiental, fortalecimiento de capacidades y prácticas de producción.

Así mismo, es importante establecer programas regulares de monitoreo de la calidad del agua en distintos tramos del río para detectar cambios y tendencias a lo largo del tiempo, con un enfoque en los parámetros críticos identificados, como los niveles de fertilizantes y desechos ganaderos. En el presente estudio solo se realizó un muestreo debido a las limitaciones económicas y logísticas.

Se recomienda implementar medidas de reforestación en la zona de recarga hídrica del río Zarco, ubicada en el municipio de Usulután, donde nace el río.

Por otra parte, es necesario involucrar a la comunidad local en los esfuerzos de conservación y restauración; fomentando su participación activa en el monitoreo ambiental y en proyectos de restauración, así como fortalecer la capacidad institucional para la gestión y protección del río Zarco, asegurando que las autoridades cuenten con los recursos y la formación necesaria.

Finalmente, sería de mucha utilidad promover la colaboración entre instituciones académicas, organizaciones no gubernamentales y gubernamentales para la gestión integrada de los recursos naturales de río Zarco.

7. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alcaldía Municipal de San Dionisio. (2004). Plan Estratégico Participativo Municipio Usulután. El Salvador.
- Alcaldía Municipal de San Dionisio. (2014a). Diagnóstico administrativo financiero municipal. Departamento de Usulután. El Salvador.
- Alcaldía Municipal de San Dionisio. (2014b). Diagnóstico Documental en el municipio de San Dionisio. El Salvador.
- Allan, J. D. (2004). Landscapes and Riverscapes: The Influence of Land Use on Stream Ecosystems. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics*, 35, 257–284.
- Allan, J. y Castillo, M. (2007). Stream Ecology. Structure and function of running waters (2nd ed.). Springer
- Alvarez, A. J., Rubiños, P.E., Gavi, R. F., Alarcón, C. J., Hernández, A. E., Ramírez, A. C., Mejía, S. E., Pedrero, S. F., Nicolas, N. E. y Salazar, S. E. (2006). Índice de calidad del agua en la cuenca del río Amajac, Hidalgo, México: Diagnóstico y Predicción. *Phyton*, 75, 71-83
- Arango Morales, X. A., y Cuevas Pérez, V. A. (2014). Método de análisis estructural: matriz de impactos cruzados multiplicación aplicada a una clasificación (MICMAC). *Universidad Autónoma de Nuevo León*.
- Brown, R. (1970). A water quality index-do we dare?. *Water Sewage Works*, 11, 339-343.
- Cevillas Canales, J. R., y Duke Cruz, N. R. (2015). Evaluación del impacto ambiental de usuarios informales para proyectos de camaricultura en ecosistemas de bosque salado en funcionamiento, Puerto Parada, Usulután [Tesis de Maestría, Universidad de El Salvador]. Repositorio Institucional UES. <https://repositorio.ues.edu.sv/>
- Chapman, D. (Eds.). (1996). Water quality assessments: A guide to the use of biota, sediments

and water in environmental monitoring. E& FN Spon.
<https://iris.who.int/handle/10665/41850>

Chará, J. D., Pedraza, G. X. y Giraldo, L. P. (2008). Corredores ribereños como herramienta de protección de ambientes acuáticos en zonas ganaderas. <http://hdl.handle.net/20.500.12324/19094>.

Chará, J., Pedraza, G., Giraldo, L., Hincapié, D. y Giraldo Sánchez, L. P. (2006). Efecto de los corredores ribereños sobre el estado de quebradas en la zona ganadera del río La Vieja, Colombia. *Agroforestería en las Américas*, (45).

Cortés, J., Villamizar, A., Nagy, G. J., Giro, P. O., Miglioranza, K., & Villasante, S. (2020). (2020). *Ecosistemas marino-costeros. En: Adaptación frente a los riesgos del cambio climático en los países iberoamericanos*. McGraw-Hill. <http://rioccadapt.com/>

[CORTOLIMA] Corporación Autónoma Regional del Tolima. (2009). *Plan de ordenación y manejo de la cuenca hidrográfica mayor del río Lagunilla-Tolima*. https://cortolima.gov.co/images/POMCA/POMCA_rio_lagunilla/CAPITULO_1._HISTORIAL_DE_LA_CUENCA.pdf

Dagne, D., Owens, W. y Tchounwou, P. (2005). Comparative assessment of the physico-chemical and bacteriological qualities of selected streams in Louisiana. *Environmental Research and Public Health*. 2(1), 94-100.

de la Orden, E., Quiroga, A., Ribera J. D. y Morlans, M. (2006). Efecto del sobrepastoreo en un pastizal de altura. Cumbres de Humaya. Catamarca. Argentina. *Ecosistemas*, 15(3), 142-147. <https://www.revistaecosistemas.net/index.php/ecosistemas/article/view/498>

de Villalobos, A. E. (2013). El sobrepastoreo del ganado doméstico como disparador de la arbustización. *BioScriba*, 6(9), 51-57.

[DIGESTYC] Dirección General de Estadística y Censos. (2013). *Encuesta de hogares de propósitos múltiples 2012*. <http://www.digestyc.gob.sv/>

[FUNDE] Fundación Nacional para el Desarrollo. (2014). Plan Estratégico Participativo Municipio San Dionisio. Departamento de Usulután.

Godet, M., y Durance, P. (2007). Prospectiva Estratégica: problemas y métodos. *Cuadernos de LIPSOR*, 104(20), 169-187.

Howard J. (2021, 20 de junio 2023]. *Amenazas a los ecosistemas costeros y marinos, y necesidad de una conservación a gran escala*. <https://www.iucncongress2020.org>

[ICMARES] Instituto de Ciencias del Mar y Limnología. (2023, 20 de mayo). *Instituto de Ciencias del Mar y Limnología*. <https://www.cimat.ues.edu.sv>

Lindig, C. R. (2017). *Ecología de Restauración y Restauración Ambiental*. Universidad Nacional Autónoma de México. <https://doi.org/10.22201/enesmorelia.9786070294525e.2017>

López, R. M. (2001). Degradación de suelos en Sonora: el problema de la erosión en los suelos de uso ganadero. *Región y sociedad*, 13(22), 73-97.

López, T. G. y Flores, M. C. (2013). El FODA: *Una técnica para el análisis de problemas en el contexto de la planeación en las organizaciones*. <https://www.uv.mx/iiesca/files/2013/01/foda1999-2000.pdf>.

Mancera-Pineda, J. E., Gavio, B., & Lasso-Zapata, J. (2013). Principales amenazas a la biodiversidad marina. *Actualidades biológicas*, 35(99), 111-133.

Mena, Z.E. (2013). Informe de la calidad del agua de los ríos. El Salvador / 2012 – 2013. <http://rcc.marn.gob.sv/handle/123456789/169>

[MARN] Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales, [CCAD] Comisión Centroamericana de Ambiente y Desarrollo y [MAG] Ministerio de Agricultura y Ganadería. (2010). Manual de identificación de especies de fauna y flora incluidas en los Apéndices CITES. <https://www.caftadr-environment.org/>

[MARN] Ministerio de Medioambiente y Recursos Naturales. (2017). Informe de clasificación

de ríos por calidad del agua: zonas de protección, mantenimiento y remediación.
<https://srt.snet.gob.sv/>

[MARN] Ministerio de Medioambiente y Recursos Naturales. (2019). *Guía práctica para elaborar programas de educación ambiental*. <https://cidoc.marn.gob.sv>

[MARN] Ministerio de Medioambiente y Recursos Naturales. (2020). *Informe de la calidad del agua de los ríos de El Salvador*. <https://bibliotecaambiental.ambiente.gob.sv/>

[MARN] Ministerio de Medioambiente y Recursos Naturales. (2022). *Informe de la calidad del agua de los ríos de El Salvador*.
<https://www.snet.gob.sv/UserFiles/hidrologia/CalidaAgua2022.pdf>

[MIVI] Ministerio de Vivienda. (2015a). Resumen ejecutivo del Plan de Ordenamiento Urbano del municipio de San Dionisio, de la cuenca de la Bahía de Jiquilisco. El Salvador.
<https://observatorio.vivienda.gob.sv/>

[MIVI] Ministerio de Vivienda. (2015b). *Diagnostico Sectorial Socioeconómico, Municipio de San Dionisio. El Salvador*. <https://observatorio.vivienda.gob.sv/>

Ministerio de Turismo. (2019). *Plan Maestro de Ordenamiento Territorial de Áreas Turísticas Prioritarias de la bahía del Jiquilisco*. https://www.mitur.gob.sv/franja-costero-marina/wp-content/uploads/2020/08/1.-RE_PM_BAHIA_JIQUILISCO_BR_09072019.pdf

Nello, T., Fonseca, F., Raes, L., Sanchún, A., Saborío, J. y Chacón, O. (2018). *Guía técnica para la restauración en El Salvador Restauración de manglar y bosque de galería*. UICN-ORMACC. <https://www.researchgate.net>

[ONU] Organización de las Naciones Unidas. (2002). *La contaminación de los ríos y sus efectos en las áreas costeras y el mar*. <https://repositorio.cepal.org/entities/publication/457595f8-9384-4046-92c7-afbab7f351f6>

- [ONU] Organización de las Naciones Unidas. (Sin fecha, 23 de junio 2022). *La biodiversidad y los ecosistemas marinos mantienen la salud del planeta y sostienen el bienestar social*. <https://www.un.org/>
- Pastakia, C. M y Madsen, K. N. (1995, agosto). Una matriz de evaluación para usarlo en proyectos relacionados a agua [presentación]. *Conferencia de agua de Estocolmo*. Estocolmo, Suecia.
- Pastakia, C. M., y Jensen, A. (1998). The rapid impact assessment matrix (RIAM) for EIA. *Environmental impact assessment review*, 18(5), 461-482.
- Pastakia, C.M.R. (1998). The Rapid Impact Assessment Matrix (RIAM)—A New Tool for Environmental Impact Assessment. 8-18
- Pérez-Castillo, A. G., y Rodríguez, A. (2008). Índice fisicoquímico de la calidad de agua para el manejo de lagunas tropicales de inundación. *Revista de Biología tropical*, 56(4), 1905-1918.
- Rojas, F. (2005). *Informe Preventivo de Impacto Ambiental del CENTIA* [Tesis previa a la obtención de la Maestría en Gerencia de Proyectos de Construcción de Ingeniería Civil, Universidad de las Américas Puebla]. Colección de Tesis Digitales, Universidad de las Américas Puebla. <http://catarina.udlap.mx>
- Romero, F. I., Cozano, M. A., Gangas, R. A., y Naulin, P. I. (2014). Zonas ribereñas: protección, restauración y contexto legal en Chile. *Bosque (Valdivia)*, 35(1), 3-12. <https://dx.doi.org/10.4067/S0717-92002014000100001>
- SalvaNATURA. (2011). *Inventario de Flora Vascular Área Natural Protegida El Espino – Bosque Los Pericos, Parque del Bicentenario*. <http://www.salvanatura.org.sv/>
- Sayre, R., Roca, E., Sedaghatkish, G., Young, B., Keel, S., Roca, R., & Sheppard, S. (2000). *Un enfoque en la naturaleza. Evaluaciones ecológicas rápidas*. The Nature Conservancy, Island Press.

- [SEMARNAT] Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. (2010). *Guía para elaborar programas de educación ambiental no formal*.
- [SEMARNAT] Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. (2014). *Calidad del agua*. https://apps1.semarnat.gob.mx:8443/dgeia/informe_resumen14/06_agua/6_2_1.html
- [SNET] Servicio Nacional de Estudios Territoriales. (2012). *Índice de Calidad de Agua General ICA*. <http://www.snet.gob.sv/Hidrologia/Documentos/calculolCA.pdf>.
- Soon, P. S. y Seok, L. (2002). A water quality modeling study of the Nakdong River, Korea. *Ecological Modelling*, 152(1) 65-75.
- Vallejos, B. E. E. y Callao, A. M. (2022). La importancia de la educación ambiental y su implicancia mundial desde el contexto teórico. *acedor AIAPÆC*, 6(1), 176–19.
- Vargas, O., Díaz, J. E., Reyes, S., y Gómez, P. A. (2012). *Guías técnicas para la restauración ecológica de los ecosistemas de Colombia*. Facultad de Ciencias, Departamento de Biología, Grupo de Restauración Ecológica-Universidad Nacional de Colombia. <https://www.researchgate.net/publication/260365693>.
- Vázquez, G., García-Franco, J. G., Castillo, G., Escobar, F., Guillén, A., Martínez, M. L., Mehlreter K., Novelo R., Pineda E., Sosa V., Valdepino, C., Campos, A., Landgrave, R., Montes de Oca, E., Ramírez, A. y Galindo, J. (2015). Ecosistemas ribereños: un paisaje fragmentado. *Biodiversitas*, 119, 7-11.
- Wang, L., Seelbach, P. y Hughes, R. (2006). Landscape Influences on Stream Habitats and Biological Assemblages. *American Fisheries Society Symposium*, 48.

8. ANEXOS

Anexo 1. *Cuestionario formulado a actor local de la municipalidad, con el propósito de recabar información clave para el análisis FODA*

1. ¿Considera que la aplicación de la normativa local y nacional en relación al uso de recursos naturales es la apropiada? ¿Por qué?
2. ¿Qué proyectos relacionados con los ecosistemas ribereños y de manglar están ejecutándose actualmente en San Dionisio?
3. ¿El plan “territorios en progreso” está vigente en San Dionisio?, ¿y en qué consiste?
4. ¿Qué tipo de proyectos amigables con el medio ambiente serían necesarios implementar en torno a los ecosistemas ribereños y manglar?
5. ¿Qué tipo de acciones a corto plazo se podrían realizar para restaurar la biodiversidad de los ecosistemas ribereños y de manglar?
6. ¿Qué tipo de acciones a mediano plazo se podrían realizar para restaurar algunos ecosistemas ribereños y de manglar?
7. ¿Hay conocimiento de parte de la población acerca del uso adecuado de los recursos naturales?
8. ¿Existen programas de educación ambiental? ¿Cuáles?
9. ¿El municipio cuenta con servicios de saneamiento ambiental como recolección de desechos sólidos y servicios de aseo? ¿Y dichos servicios están presentes en todo el municipio?
10. ¿Existe alguna normativa local relacionada a la protección de los recursos naturales?
11. Además de las instituciones públicas que se encuentran localmente y funcionando (PNC, Unidad de Salud, Escuela), ¿cuáles otras consideran usted que es necesario que se instalen?
12. ¿Cuenta la alcaldía con Unidad de Desarrollo Económico o alguna otra estructura que beneficie a la economía local?
13. ¿Cuáles considera que son las mayores dificultades para el desarrollo de la economía local?

14. ¿La municipalidad posee endeudamiento lo cual limita la ejecución de obras a favor de las comunidades?
15. En documentos anteriores se manifiesta que el salario es menor al mínimo. ¿Se mantiene este hecho y de cuánto es para la zona rural y para la zona urbana?
16. ¿Qué problemas de delimitación geográfica existen en San Dionisio?

Anexo 2. *Cuestionario formulado a líder comunitario, con el propósito de recabar información clave para el análisis FODA*

1. Existe algún tipo de apoyo económico o técnico para los productores agrícolas, ganaderos y pescadores. Y si lo hay, ¿qué instituciones brindan ese apoyo?
2. ¿Cuáles considera que son las mayores dificultades para el desarrollo económico de los productores agrícolas, ganaderos y pescadores?
3. ¿Cuáles considera usted que son las mayores amenazas naturales que enfrenta la zona? ¿Y de qué manera afecta a la comunidad y los productores locales?
4. ¿Qué manejo les dan a las aguas residuales que se generan?
5. ¿Qué tratamiento les dan a los residuos sólidos que se generan?
6. ¿Qué propuestas considera adecuadas para incrementar el turismo en la zona?
7. ¿Cuál es la fuente de agua que utilizan en las actividades agrícolas, ganaderas y domésticas?
8. ¿Qué especies de consumo que antes existían en la zona han desaparecido o disminuido su presencia? ¿Qué especies son?
9. ¿Qué especies de plantas y animales en general que antes existían en la zona han desaparecido o disminuido su presencia? ¿Qué especies son?
10. ¿Qué instrumentos o herramientas utilizan los pobladores para pescar, cazar o recolectar alimentos en la zona?
11. ¿Qué daño causan las tormentas tropicales a la comunidad?
12. ¿Qué proyectos o actividades sugiere usted que se podrían realizar para restaurar, el río, los bosques y los manglares?
13. ¿Qué especies animales son las más comercializadas en la zona?

14. ¿Qué especies vegetales son las más comercializadas en la zona?
15. ¿Tienen inconvenientes con especies de animales dentro de sus actividades productivas?
16. ¿De qué manera la comunidad enfrenta los casos de plaga que se generan?
17. ¿Qué utilización le dan al plástico en las actividades productivas? ¿Qué hacen con ese plástico cuando ya no se utiliza?

Anexo 3. *Criterios establecidos por el método RIAM, descrito por Pastakia (1998), para el cálculo de la puntuación ambiental de cada uno de los componentes.*

IMPORTANCIA DE LA CONDICION (A1)

Mide la importancia de un determinado componente ambiental, evaluado según los límites espaciales o intereses humanos. Los valores asignados a esta variable se definen de la siguiente manera:

4 = importante para intereses nacionales/internacionales

3 = importante para intereses regionales/nacionales

2 = importante para áreas inmediatamente fuera de la condición local

1 = importante solamente para la condición local

0 = sin importancia

MAGNITUD DEL CAMBIO/EFEECTO (A2)

La magnitud se define como una medida de beneficios o perjuicios de un determinado impacto. Los valores asignados a esta variable se definen de la siguiente manera:

+3 = beneficio positivo mayor

+2 = mejora significativa del estado actual

+1 = mejora del estado actual

0 = sin cambio/estado actual

-1 = cambio negativo del estado actual

-2 = desventaja o cambio negativo significativo

-3 = desventaja o cambio mayor

PERMANENCIA (B1)

Determina si la condición es transitoria o permanente y se considera únicamente como una medida del estado temporal del componente medioambiental.

1 = sin cambio/no aplicable

2 = temporal

3 = permanente

REVERSIBILIDAD (B2)

Esta define la capacidad que tiene el componente medioambiental de retornar a su condición inicial o condición similar a la inicial. La ponderación asignada se detalla en la siguiente tabla.

1 = sin cambio/no aplicable

2 = reversible

3 = irreversible

ACUMULATIVO (B3)

Esto determina si el efecto resultará en un impacto directo simple, en un efecto acumulativo a lo largo del tiempo o en un efecto sinérgico con otras condiciones.

1 = sin cambio/no aplicable

2 = no-acumulativo/simple

3 = acumulativo/sinérgico

Anexo 4. Definición de cada una de las 25 variables identificadas en el análisis FODA

Fortalezas

1. Marco legal

Es el conjunto de leyes y reglamentos que indican los límites y las bases sobre las que las instituciones pueden actuar en la gestión de los recursos naturales del municipio.

2. Organización comunitaria

Son grupos de personas que se unen para tratar los problemas de su comunidad y buscar soluciones, ya sea problemas de carácter social, cultural, económico, ambiental, político o productivo.

3. Servicios ecosistémicos

A través de procesos ecológicos los ecosistemas presentes en el área proporcionan bienes y servicios a la comunidad y la diversidad misma. Estos incluyen alimento, el almacenamiento de agua dulce, regulación de los caudales y el clima, la formación de suelos y beneficios recreativos.

4. Biodiversidad

Diversidad de especies terrestres y acuáticas asociadas a los diferentes ecosistemas presentes en el territorio, que son susceptibles de ser afectados por las actividades de explotación e influyen en el suministro de servicios ecosistémicos que esta proporciona, razón por la cual debe protegerse y gestionarse de forma sostenible.

5. Espacios de coordinación

Espacios o estructuras que sirven para coordinar entre la población y la municipalidad, estrategias y acciones que atiendan las problemáticas ambientales que afectan al municipio.

Oportunidades

6. Planificación territorial

Son estrategias integrales de intervención sobre el área de conservación y sitio Ramsar, orientadas a la gestión del territorio y de sus recursos bajo un enfoque de sostenibilidad.

7. Cooperación institucional

La cooperación es el acuerdo por medio del cual dos o más actores deciden unir esfuerzos procurando un propósito común. Comprende las diferentes modalidades de ayuda entre instituciones como estrategia para el desarrollo del municipio. Un abordaje integral del municipio que mejora la eficiencia y la eficacia, a nivel organizacional.

8. Resiliencia ecológica

Es la capacidad natural de los ecosistemas de resistir y recuperarse de las perturbaciones, manteniendo sus características de estructura, dinámica y funcionalidad prácticamente intactas; pudiendo retornar a la situación previa a la perturbación tras el cese de la misma. Lo que permite llevar a cabo una serie de medidas de restauración en el ambiente degradado para que pueda retornar a las condiciones ambientales anteriores a la modificación del mismo.

9. Fortalecimiento de capacidades

Oportunidad de hacer cambios hacia un futuro más sostenible. Manteniendo el capital natural y, por lo tanto, la productividad y la capacidad de los ecosistemas para satisfacer las necesidades de la población y el sustento de las actividades económicas.

10. Seguridad ciudadana

Acciones que desarrolla el estado, con la colaboración de la ciudadanía para establecer, fortalecer y proteger el orden civil democrático, eliminando las amenazas de violencia en la población y permitiendo una coexistencia segura y pacífica.

Debilidades

11. Participación ciudadana

Es el involucramiento activo de los ciudadanos del municipio, de manera individual u organizados en los procesos de toma de decisiones públicas que tienen repercusión en sus vidas y el desarrollo local. para procurar que sus intereses y perspectivas sean incluidos en las políticas, planes, proyectos y en la ejecución de los mismos, como solución a sus necesidades y al desarrollo local en general.

12. Aplicación y cumplimiento

La aplicación de la legislación ambiental se ve limitada por la capacidad estatal para hacer efectiva esta normativa y la voluntad general de cumplirla. La débil aplicación y cumplimiento de las acciones propuestas favorecen la sobre explotación y degradación de los recursos naturales del municipio.

13. Conectividad natural

Espacios que permiten la conexión entre ecosistemas y hábitat, naturales o modificados, que permite a los seres vivos moverse de un lugar a otro para conectar sus poblaciones y desplazar materia y energía entre los espacios.

14. Prácticas de producción

Procedimientos que se aplican en la producción agrícola y ganadera que incluyen tanto la higiene, manipulación y el uso sostenible de los recursos naturales. Con lo cual se logra la perduración de los sistemas productivo-económicos en armonía con el componente natural y social para lograr un desarrollo sostenible de la producción.

15. Actividades económicas

Cualquier actividad relacionada con la producción, el intercambio y el consumo de bienes o servicios e incluso información. Contribuyen fuertemente a la economía y permiten a la población asegurar las necesidades básicas de la vida: como alimentos, agua, vivienda, ropa.

16. Contaminación ambiental

Presencia de componentes nocivos en el medio ambiente. Son perjudiciales para los seres vivos y van comprometiendo cada día la calidad ambiental, como consecuencia del desarrollo de procesos agrícolas y agropecuarios, entre otros, sin una adecuada planeación y sin tener en cuenta los impactos ambientales.

17. Delimitación

Es un proceso que define una jurisdicción, un contorno o un espacio, que implica la participación de los gobiernos locales, instituciones gubernamentales y no gubernamentales, la participación comunitaria y consiste en definir el perímetro de la poligonal del área a través de las coordenadas que resulten con el Sistema de Posición Georreferenciada, las cuales pueden ser ploteadas en las hojas cartográficas para definir la poligonal resultante y para referencia de ubicación en el territorio nacional.

Amenazas

18. Vulnerabilidad

Susceptibilidad o predisposición intrínseca del medio y los recursos naturales a sufrir un daño o una pérdida por eventos naturales o de origen socioeconómico.

19. Morbilidad

Presencia de enfermedades o discapacidades en un individuo o población, debido a cualquier causa.

20. Riesgo ambiental

Es la posibilidad de que se produzca un daño o catástrofe en el medio ambiente debido a un fenómeno natural o a una acción humana.

21. Riesgo económico

Probabilidad de ocurrencia de un evento que tenga como consecuencia pérdidas económicas para la comunidad, como pérdida de cosechas, bienes materiales, muerte de

animales o empeoramiento de las condiciones financieras mundiales.

22. Presión antropogénica

La demanda cada vez mayor de recursos por parte de la población creciente pone una enorme presión sobre el medio ambiente y los recursos naturales y amenaza la seguridad futura, la salud y el bienestar.

23. Educación ambiental

Es un proceso que les permite a las personas investigar sobre temáticas ambientales, involucrarse en la resolución de problemas y tomar medidas para mejorar el medio ambiente. Como resultado, los individuos alcanzan un entendimiento más profundo de las temáticas ambientales y tienen las herramientas para tomar decisiones informadas y responsables y así proponer acciones de conservación y protección del área natural.

24. Disponibilidad financiera

Insuficientes recursos para ejecutar programas que beneficien a la población y la restauración del medio ambiente.

25. Tenencia de la tierra

Es la manera en que se han asignado los derechos de propiedad de la tierra, así como las pertinentes responsabilidades y limitaciones; es decir, quién puede utilizar qué recursos, durante cuánto tiempo y bajo qué circunstancias.

Anexo 5. Matriz de doble entrada (calculometría), con su calificación de incidencia/dependencia entre variables identificadas para el Río Zarco, asociadas al manejo adecuado de los recursos naturales. San Dionisio, Usulután.

| | Nº | Variable | Código | MLE | OR | SEE | BIO | ECO | PLT | COI | REE | FOR | SEC | PAC | AYC | CON | PP | ACE | COA | DEL | VUL | MOR | RIA | RIE | PREA | EDA | DIF | TNT | |
|---------------|----|--------------------------------|--------|-----|----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|------|-----|-----|-----|---|
| FORTALEZAS | 1 | Marco legal | MLE | 0 | 3 | 2 | 2 | 3 | 2 | 2 | 2 | 1 | 2 | 2 | 3 | 2 | 3 | 1 | 2 | 3 | 2 | 1 | 1 | 1 | 2 | 1 | 1 | 3 | |
| | 2 | Organización comunitaria | OR | 1 | 0 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 3 | 3 | 3 | 2 | 1 | 2 | 2 | 2 | 2 | 1 | 1 | 1 | 1 | 2 | 3 | 2 | 1 | 2 |
| | 3 | Servicios ecosistémicos | SEE | 1 | 2 | 0 | 0 | 0 | 2 | 1 | 0 | 1 | 0 | 2 | 0 | 0 | 2 | 3 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 2 | 1 | 1 | 0 | |
| | 4 | Biodiversidad | BIO | 1 | 0 | 3 | 0 | 0 | 1 | 1 | 3 | 2 | 0 | 1 | 2 | 3 | 3 | 2 | 0 | 0 | 3 | 3 | 3 | 3 | 2 | 1 | 2 | 0 | |
| | 5 | Espacios de coordinación | ECO | 1 | 2 | 2 | 2 | 0 | 3 | 2 | 2 | 2 | 0 | 3 | 3 | 2 | 1 | 0 | 3 | 1 | 2 | 1 | 2 | 1 | 3 | 1 | 0 | 1 | |
| | 6 | Planificación territorial | PLT | 2 | 1 | 3 | 3 | 2 | 0 | 2 | 3 | 3 | 1 | 2 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 2 | 2 | 1 | 2 | 3 | 2 | 2 | 2 |
| OPORTUNIDADES | 7 | Cooperación institucional | COI | 3 | 2 | 3 | 3 | 1 | 2 | 0 | 3 | 3 | 3 | 2 | 3 | 3 | 2 | 2 | 3 | 3 | 2 | 2 | 2 | 2 | 3 | 1 | 2 | 2 | |
| | 8 | Resiliencia ecológica | REE | 0 | 0 | 3 | 3 | 0 | 1 | 0 | 0 | 2 | 0 | 1 | 1 | 3 | 1 | 3 | 2 | 0 | 3 | 1 | 1 | 3 | 0 | 0 | 1 | 0 | |
| | 9 | Fortalecimiento de capacidades | FOR | 0 | 1 | 3 | 3 | 0 | 2 | 0 | 3 | 0 | 1 | 1 | 2 | 3 | 3 | 3 | 3 | 0 | 2 | 1 | 1 | 3 | 3 | 2 | 1 | 0 | |
| | 10 | Seguridad ciudadana | SEC | 0 | 2 | 2 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 2 | 2 | 1 | 0 | 2 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 2 | 0 | 1 | 1 | 0 | |
| DEBILIDADES | 11 | Participación ciudadana | PAC | 1 | 2 | 1 | 1 | 1 | 2 | 2 | 1 | 1 | 1 | 0 | 2 | 1 | 1 | 2 | 2 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 2 | 1 | 0 | 1 | |
| | 12 | Aplicación y cumplimiento | AYC | 0 | 2 | 3 | 3 | 1 | 2 | 2 | 3 | 1 | 2 | 1 | 0 | 3 | 3 | 2 | 3 | 3 | 2 | 2 | 1 | 2 | 3 | 2 | 0 | 3 | |
| | 13 | Conectividad natural | CON | 1 | 0 | 3 | 3 | 0 | 2 | 1 | 3 | 1 | 0 | 2 | 1 | 0 | 1 | 3 | 3 | 0 | 3 | 1 | 2 | 2 | 1 | 1 | 2 | 0 | |
| | 14 | Prácticas de producción | PP | 2 | 1 | 3 | 3 | 1 | 3 | 2 | 3 | 3 | 0 | 1 | 2 | 3 | 0 | 3 | 3 | 0 | 3 | 2 | 1 | 3 | 3 | 1 | 1 | 0 | |
| | 15 | Actividades económicas | ACE | 1 | 2 | 3 | 3 | 0 | 2 | 2 | 3 | 2 | 2 | 1 | 1 | 3 | 3 | 0 | 3 | 2 | 3 | 1 | 0 | 3 | 3 | 1 | 2 | 1 | |
| | 16 | Contaminación ambiental | COA | 2 | 1 | 3 | 3 | 0 | 2 | 2 | 3 | 1 | 0 | 1 | 2 | 3 | 2 | 3 | 0 | 0 | 3 | 3 | 3 | 2 | 0 | 1 | 1 | 0 | |
| | 17 | Delimitación | DEL | 1 | 2 | 3 | 3 | 0 | 2 | 2 | 1 | 0 | 0 | 1 | 3 | 3 | 1 | 1 | 2 | 0 | 3 | 0 | 1 | 0 | 3 | 0 | 0 | 2 | |
| AMENAZAS | 18 | Vulnerabilidad | VUL | 1 | 2 | 3 | 3 | 2 | 3 | 2 | 3 | 2 | 1 | 2 | 2 | 3 | 2 | 3 | 1 | 2 | 0 | 2 | 3 | 3 | 1 | 1 | 1 | 0 | |
| | 19 | Morbilidad | MOR | 1 | 2 | 1 | 1 | 1 | 2 | 2 | 1 | 2 | 1 | 2 | 2 | 1 | 1 | 2 | 1 | 0 | 2 | 0 | 0 | 1 | 2 | 1 | 2 | 0 | |
| | 20 | Riesgo ambiental | RIA | 1 | 2 | 3 | 3 | 1 | 3 | 1 | 3 | 2 | 1 | 1 | 2 | 3 | 1 | 3 | 0 | 0 | 3 | 3 | 0 | 3 | 1 | 1 | 2 | 0 | |
| | 21 | Riesgo económico | RIE | 1 | 2 | 3 | 3 | 1 | 2 | 2 | 2 | 3 | 2 | 1 | 1 | 2 | 2 | 3 | 2 | 1 | 3 | 1 | 2 | 0 | 2 | 1 | 3 | 1 | |
| | 22 | Presión antropogénica | PREA | 1 | 2 | 3 | 3 | 1 | 2 | 1 | 3 | 2 | 0 | 1 | 2 | 3 | 1 | 2 | 3 | 2 | 3 | 2 | 3 | 3 | 0 | 0 | 1 | 0 | |
| | 23 | Educación ambiental | EDA | 2 | 2 | 3 | 3 | 1 | 1 | 1 | 1 | 2 | 1 | 3 | 3 | 3 | 3 | 2 | 3 | 2 | 2 | 1 | 3 | 2 | 1 | 0 | 0 | 2 | |
| | 24 | Disponibilidad financiera | DIF | 1 | 1 | 2 | 2 | 1 | 2 | 1 | 1 | 3 | 1 | 1 | 2 | 1 | 1 | 3 | 1 | 2 | 2 | 2 | 2 | 3 | 0 | 1 | 0 | 0 | |
| | 25 | Tenencia de la tierra | TNT | 1 | 2 | 3 | 3 | 0 | 2 | 1 | 2 | 1 | 0 | 1 | 3 | 3 | 1 | 1 | 0 | 2 | 3 | 0 | 2 | 1 | 3 | 0 | 0 | 0 | |

