

**Universidad de El Salvador  
Facultad de Ciencias Agronómicas  
Escuela de Posgrado y Educación Continua**

**Programa de Posgrado en Agronomía Tropical Sostenible**



**Factores biofísicos y antrópicos de la cuenca del río  
Mandinga y su influencia en la destrucción del ecosistema  
manglar de Barra Salada, Sonsonate, El Salvador**

**Presentada por:  
Ing. Nicolás Atilio Méndez Granados**

**TESIS**

**Presentada como requisito parcial para obtener el Grado de:  
Maestro en Ciencias en Gestión Integral del agua**

**San Salvador, El Salvador, Centro América, 2019**

**UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR**

**RECTOR:**

Lic. M. Sc. ROGER ARMANDO ARIAS ALVARADO

**SECRETARIO GENERAL:**

Lic. CRISTÓBAL HERNÁN RÍOS BENÍTEZ

**FACULTAD DE CIENCIAS AGRONOMICAS**

**DECANO:**

Ing. M. Sc. JUAN ROSA QUINTANILLA QUINTANILLA

**SECRETARIO:**

Ing. M. Sc. LUIS FERNANDO CASTANEDA ROMERO

Esta Tesis fue realizada bajo la dirección del Tribunal Evaluador de Tesis indicado, ha sido aprobada por el mismo y aceptada como requisito parcial para la obtención del grado de:

**Maestro en Ciencias en Gestión Integral del Agua**

**San Salvador, El Salvador, Centro América, 2019**

**Tribunal Evaluador de Tesis**

---

Ing. M. Sc. Luis Fernando Castaneda Romero  
Asesor de Tesis y Presidente del Tribunal Evaluador de Tesis

---

Ing. M. Sc. Efraín Antonio Rodríguez Urrutia  
Secretario del Tribunal Evaluador de Tesis

---

Lic. M. Sc. Carlos Giovanni Rivera  
Vocal del Tribunal Evaluador de Tesis

---

Ing. M. Sc. Mario Antonio Orellana Núñez  
Director de la Escuela de Posgrado y Educación Continua

## **Dedicatoria**

Le dedico a mi familia: a Silvia, mi esposa; mis hijos, Nicolás, Esteban y Emilio, quienes con Amor me han brindado el tiempo que debí dedicarles como esposo y padre. Quienes comprendieron mi necesidad de generar más conocimiento y demostrar que la superación es una virtud personal que debemos perseguir durante toda la vida.

A mis Padres, Nicolás y Adelaida, quienes me han brindado su Amor, apoyo y alegría, en mi visión de superación personal; quienes me han acompañado en los momentos alegres y difíciles de mi vida; Padres, este logro es de ustedes también.

A mi suegra Teresa, quién con su fuerza espiritual ha permitido que nuestro Padre Celestial ilumine nuestros hogares para consolidarnos en el Amor.

Y finalmente, manifiesto que este trabajo ha sido un ejercicio, a través del cual, genero una herramienta de discusión y análisis para que nuestra sociedad eche mano e impulse estrategias, con las que se implementen modelos de desarrollo sostenible en ecosistemas críticos y estratégicos de nuestro país.

## **Agradecimientos**

A los referentes comunitarios de Barra Salada, en particular a Don Jorge, quienes demostraron el interés por mejorar la calidad de vida de los lugareños, a través de la protección de los recursos naturales.

A mis colegas y amigos, quienes me apoyaron para la obtención de información, resultados de laboratorio y análisis, requeridos para sustentar esta investigación.

A los referentes de las municipalidades de Cuisnahuat y Sonsonate que brindaron el conocimiento sobre sus territorios y a la vez facilitaron el acceso a los mismos.

Muchas gracias por el apoyo; y ahora..., a trabajar conjuntamente esta propuesta en los territorios.

## Índice

	<b>Página</b>
I. Introducción	1
II. Planteamiento del problema	3
III. Objetivos	5
Objetivo general	5
Objetivo específico	5
IV. Hipótesis	5
V. Marco teórico conceptual	6
5.1. Objetivos para el Desarrollo Sostenible (ODS)	6
5.2. Acuerdo de París	7
5.3. Áreas de Conservación en El Salvador	8
5.4. Región hidrográfica E: Mandinga-Comalapa	10
5.5. Humedales	11
5.5.1. Sitios RAMSAR declarados	13
5.5.2. Los Manglares	13
5.5.2.1. Presiones y amenazas a los manglares	15
5.6. Cambio climático y los manglares	18
5.7. Monitoreo para conocer el estado de los bosques de manglar	18
5.8. Especies de árboles de mangle presentes en los manglares de El Salvador	20
5.9. Bosque de manglar en la cuenca del rio mandinga	23
5.10. Índice de Complejidad de Holdridge	23
VI. Metodología	24
6.1. Ubicación de la zona de estudio	24
6.2. Desarrollo de la Investigación	24
6.2.1. Caracterización de los principales aspectos socioeconómicos y ambientales de la Cuenca Mandinga	25
6.2.1.1. Formas para obtención de información	26
6.2.2. Comportamiento hídrico en la cuenca Mandinga	26
6.2.2.1. Cálculo de caudales	26
6.2.2.2. Análisis de calidad de agua en ríos y Estero	27
6.2.3. Identificación de actores claves presentes en la cuenca Mandinga y su rol con el recurso hídrico	29
6.2.3.1. Identificación de comunidades	29
6.2.3.2. Identificación de actores claves	29
6.2.4. Caracterización del bosque de manglar en el contorno de la zona degradada	30
6.2.4.1. Delimitación del bosque de manglar	30
6.2.4.2. Caracterización del bosque que se encuentra en el contorno de las áreas degradadas	31
6.2.4.3. Procesamiento y análisis de la información	32
6.2.5. Lineamientos para mejorar las condiciones hidrológicas en	32

la cuenca Mandinga y la restauración del bosque de manglar de Barra Salada	34
VII. Análisis de resultados	35
7.1. Caracterización biofísica de la cuenca del rio mandinga	35
7.1.1. Fisiografía y relieve	35
7.1.1.1. Elevación	35
7.1.1.2. Pendientes	35
7.1.2. Geología	36
7.1.3. Clase Agrológicas	37
7.1.4. Pedología	30
7.1.5. Uso actual del suelo	40
7.1.6. Conflictos de uso de suelo	41
7.1.7. Precipitaciones promedio anuales en la cuenca	42
7.1.8. Red hídrica en la cuenca del rio Mandinga	43
7.1.9. Recarga hídrica	44
7.1.10. Hidrogeología	45
7.1.11. Zonas de vida	46
7.1.12. Áreas de Conservación	46
7.1.13. Áreas naturales protegidas	47
7.1.13.1. Área Natural Protegida Los Cóbano	47
7.1.13.2. Bosque de manglar Barra Salada	47
7.2. Caracterización socio-económica en la cuenca del rio mandinga	49
7.2.1. Población en la cuenca	49
7.2.2. Manejo de los desechos sólidos	50
7.2.3. Manejo de excretas	52
7.2.4. Acceso al agua para consumo	53
7.2.5. Educación	54
7.2.6. Niveles de pobreza en los municipios que forman parte de la cuenca del rio Mandinga	55
7.2.7. Desarrollo humano	55
7.2.8. Actores presentes en la cuenca del rio Mandinga	56
7.3. Análisis del comportamiento hídrico de la cuenca mandinga y su posible impacto en el bosque de manglar de Barra Salada	56
7.3.1. Calidad física-química del agua en los ríos Mandinga y Pululuya	56
7.3.1.1. Potencial de Hidrógeno (pH)	57
7.3.1.2. Oxígeno Disuelto (OD)	57
7.3.1.3. Solidos Totales Disueltos (STD)	58
7.3.1.4. Fosfatos	59
7.3.1.5. Nitratos	60
7.3.1.6. Turbidez	60
7.3.2. Calidad microbiológica del agua en ríos Mandinga y Pululuya	61
7.3.3. Índice de calidad del agua (ICA)	62

7.3.4. Comportamiento de los caudales	63
7.4. Salinidad del agua en el estero de Barra Salada	66
7.5. Caracterización del bosque de manglar en el contorno de zona degradada	70
7.5.1. Diámetro a la altura de pecho	70
7.5.2. Especies predominantes en las zonas de muestreo	72
7.5.3. Altura de los árboles muestreados en las zonas de muestreo	73
7.5.4. Densidad de árboles de mangle muestreados	73
7.5.5. Índice de complejidad de Holdridge (ICH)	73
7.5.6. Restauración de manglares	77
7.5.7. Identificación y caracterización de la zona más afectada en el manglar de Barra Salada	77
7.5.7.1. Área boscosa existente en los años 1954, 1978 y 2018	77
7.6. Lineamientos estratégicos para contribuir a la restauración del manglar de Barra Salada	83
VIII. Conclusiones	85
IX. Recomendaciones	87
X. Bibliografía	90
XI. Anexos	95



## Índice de Cuadros

	<b>Página</b>
Cuadro 1. Regiones Hidrográficas de El Salvador.	10
Cuadro 2. Clasificación de las condiciones de Salinidad en los sistemas marinos, estuarinos y lagunas costeras	19
Cuadro 3. Zonas de muestreo consideradas para determinar salinidad, pH y temperatura en las aguas dentro del estero de la Barra Salada.	28
Cuadro 4. Distribución de las superficies de pendientes (Km <sup>2</sup> ) en la cuenca del río Mandinga	35
Cuadro 5. Distribución geológica de la cuenca del río Mandinga.	37
Cuadro 6. Caracterización de las clases agrologicas	38
Cuadro 7. Pedología en la cuenca del río Mandinga.	40
Cuadro 8. Uso actual del suelo en la cuenca Mandinga.	41
Cuadro 9. Detalle de sobre uso y uso correcto del suelo en la cuenca Mandinga.	42
Cuadro 10. Precipitaciones promedio en la cuenca Mandinga	43
Cuadro 11. Recarga hídrica en los municipios de Sonsonate y Cuisnahuat.	45
Cuadro 12. Zonas de vida en el la cuenca del río Mandinga.	46
Cuadro 13. Deposición de desechos sólidos en comunidades de la cuenca hidrográfica.	51
Cuadro 14. Tipo de sistemas para eliminación de excretas.	52
Cuadro 15. Nivel escolar y de alfabetismo de la población en la cuenca Mandinga.	54
Cuadro 16. Resultados físico químicos del agua en ríos Mandinga y Pululuya.	57
Cuadro 17. Caudales en ríos Mandinga y Pululuya para los años 1974, 1975, 1976, 1990 y 2017.	66
Cuadro 18. Porcentajes de árboles existentes en las zonas de muestreo con DAP de 2.5 a 9.9 cm y DAP mayor a 10 cm	71
Cuadro 19. Índice de Complejidad de Holdrige o estructural en las zonas muestreadas dentro del bosque de manglar.	76
Cuadro 20. Áreas boscosas en Barra Salada, áreas sin manglar y área territorial total de Barra Salada.	81

## Índice de Figuras

	<b>Página</b>
Figura 1. Cuenca del río Mandinga.	11
Figura 2. <i>Avicennia germinans</i> a) árbol adulto; b) plantilla en desarrollo.	20
Figura 3. <i>Rhizophora mangle</i> .	22
Figura 4. <i>Rhizophora racemosa</i> .	22
Figura 5. Municipios y Cantones en la cuenca del río Mandinga	24
Figura 6. Distribución de unidades muestrales (10) alrededor de cada área de manglar degradado (zona X)	31
Figura 7. Distribución de unidades muestrales (10) a un costado de cada área de manglar degradado (zona X)	32
Figura 8. Ríos y quebradas en la cuenca del Mandinga	44
Figura 9. Área de Conservación Los Cóbanos	47
Figura 10. Bosque de manglar de Barra Salada.	48
Figura 11. Comparativo de caudales históricos de los ríos Mandinga y Pulumayo	66
Figura 12. Comportamiento de la salinidad en el agua del Estero de Barra Salada en época seca y lluviosa; con bocana abierta y cerrada	69
Figura 13. Puntos de muestreo de agua en el manglar Barra Salada para determinar salinidad.	70
Figura 14. Ubicación de las Unidades de Muestreo de árboles de mangle en las tres zonas dentro del manglar	76
Figura 15. Uso de suelo y su impacto en la degradación del bosque de manglar de Barra Salada. Según Ortofoto de 1954	78
Figura 16. Uso de suelo y su impacto en la degradación del bosque de manglar de Barra Salada. Según Ortofoto de 1978	79
Figura 17. Uso de suelo y su impacto en la degradación del bosque de manglar de Barra Salada. Según imagen GOOGLE EARTH 2018	80
Figura 18. Evolución del uso de suelo en Manglar de Barra Salada en los años 1954, 1978 y 2018, tomando como base ortofoto de 1954	82

## Índice de Anexos

	<b>Página</b>
Anexo 1. Longitud de ríos primarios, secundarios y terciarios en la cuenca Mandinga.	95
Anexo 2. Matriz de registro de información en cada unidad de muestreo	95
Anexo 3. Acceso al agua para consumo en los municipios de Cuisnahuat y Sonsonate que forman parte de la cuenca del río Mandinga.	95
Anexo 4. Número de viviendas, Familias y habitantes en la cuenca Mandinga	96
Anexo 5. Principales actores presentes en la cuenca Mandinga.	97
Anexo 6. Resultados de los análisis microbiológicos en los puntos de muestreo en diferentes cuencas del municipio de Cuisnahuat.	106
Anexo 7. ICA en agua de los ríos de la cuenca del río mandinga.	107
Anexo 8. Comportamiento de salinidad (0/00) en puntos de muestreo en canales del manglar de Barra Salada	108
Anexo 9. Comportamiento del bosque de manglar en ZONA 1	109
Anexo 10. Comportamiento del bosque de manglar en ZONA 2	114
Anexo 11. Comportamiento del bosque de manglar en ZONA 3	118
Anexo 12. Totales de árboles de mangle cuantificados en Zonas de muestreo	123
Anexo 13. Caudales en época seca y lluviosa en ríos de la cuenca del río Mandinga	123
Anexo 14. Puntos de aforo durante la época seca en la cuenca del río mandinga	124
Anexo 15. Regiones Hidrográficas de El Salvador	125
Anexo 16. Rangos de superficie de pendientes en la cuenca del río Mandinga	125
Anexo 17. Geología en la cuenca del río Mandinga	126
Anexo 18. Clases agrológicas en el municipio de Cuisnahuat	126
Anexo 19. Pedología en la cuenca del río Mandinga	127
Anexo 20. Uso actual de los suelos en la cuenca del río Mandinga	127
Anexo 21. Conflicto de uso suelos en la cuenca del río Mandinga	128
Anexo 22. Precipitaciones en la cuenca Mandinga	128
Anexo 23. Recarga hídrica en cuenca Mandinga	129
Anexo 24. Mapa de delimitación del bosque de manglar de Barra Salada (proyecto DAI)	129
Anexo 25. Zonas de medición de caudales y toma de muestras de agua en ríos Mandinga y Pululuya.	130
Anexo 26. Ubicación de las Unidades de Muestreo de manglar en la zona 1	130

Anexo 27. Ubicación de las Unidades de Muestreo de manglar en la zona 2	131
Anexo 28. Ubicación de las Unidades de Muestreo de manglar en la zona 3.	131
Anexo 29. Vista de terrenos con pasto; Cantón San Lucas, Cuisnahuat	132
Anexo 30. Vista de terrenos con cultivo de maíz ( <i>Zea Mays</i> ); Cantón Agua Shuca, Cuisnahuat.	132
Anexo 31. Vista terrenos dedicados la producción de caña de azúcar, Cantón Coquiama.	132
Anexo 32. Vista de entrada a relleno Sanitario para el departamento de Sonsonate, Cantón San Lucas, Cuisnahuat.	132
Anexo 33. Toma de muestras de agua para análisis microbiológico y físico químico en río Pulumaya	132
Anexo 34. Toma de muestras de agua para análisis microbiológico y físico químico en río Mandinga	132
Anexo 35. Análisis de aguas en laboratorio de Facultad de Química y Farmacia en la Universidad de El Salvador	133
Anexo 36. Aforo de río Mandinga	133
Anexo 37. Aforo de tributarios de río Mandinga	133
Anexo 38. Impacto de inundación por cierre de bocana en comunidad de Barra Salada	133
Anexo 39. Toma de datos físico químicos y toma de muestras de agua para análisis en canales del Estero de Barra Salada	134
Anexo 40. Canales del Estero de Barra Salada con vegetación de mangle rojo ( <i>Rizophora mangle</i> )	134

## RESUMEN

El bosque salado o Manglar de Barra Salada con 454 has., ubicado en el departamento de Sonsonate, es considerado un ecosistema de importancia ambiental y socioeconómica; sin embargo, está siendo alterado por factores físico-químicos y antrópicos.

Este bosque está ubicado en la parte sur de la cuenca Mandinga, con una extensión de 86.51 km<sup>2</sup>, una elevación máxima de 600 msnm y es drenado por los ríos Mandinga y Pululuya, que se extienden a través de los territorios municipales de San Julián, Cuisnahuat y Sonsonate.

La cuenca presenta el 92% de su área para la producción agrícola (granos básicos abarcan: 29.1 km<sup>2</sup>, siendo este el rubro más representativo, establecido en pendientes entre el 15% a más de 70%), hay una densidad poblacional de 173 hab./km<sup>2</sup>; estos, entre otros factores, son las causas que impiden el desarrollo de bienes y servicios ambientales, importantes para el buen funcionamiento de los ecosistemas en este territorio.

Por ejemplo, el Índice de Calidad del agua (ICA), indica que aguas drenadas al manglar tienen calidad regular a pésima; los ríos, sin agua en época seca, facilitan el taponamiento de la bocana, y con ello, se elevan (30-33%) o disminuyen (0.15-0.45%) periódicamente la concentración salina en las aguas del Estero, incrementándose además la temperatura en esta, por largos períodos de tiempo; a lo anterior, se suma la usurpación del manglar para construcción de viviendas (13.1 has.) o crecimiento agropecuario (22.01 has.).

Estos factores, están promoviendo el desarrollo de bosques monoespecíficos de *Avicennia germinans*, que además se encuentran poco desarrollados y deteriorados, según se define por el índice de complejidad de Holdrige (ICH) que tuvo un valor de 0.094.

De igual manera, el bosque salado se ha reducido en área, desde 1954 al 2018 en un 33.21% (260.01 has.), es decir, de 620.41 has. a 414.4 has. respectivamente, un área menor a la manejada oficialmente por el Ministerio del Ambiente y Recursos Naturales (MARN).

### Palabras Claves:

Cuenca Mandinga, Pululuya, manglar, El Salvador, *Avicennia germinans*; ICH, Salinidad, ICA, Actores.

## **ABSTRAC**

The mangrove forest of Barra Salada with 454 ha, located in the department of Sonsonate, is an ecosystem of environmental and socioeconomic importance; however, it is being altered by physical-chemical and anthropic factors.

This forest is located in the southern part of the Mandinga basin, with an extension of 86.51 km<sup>2</sup>, a maximum elevation of 600 masl and is drained by the Mandinga and Pululuya rivers, which extend through the municipal territories of San Julián, Cuisnahuat and Sonsonate.

The basin presents 92% of its area for agricultural production (basic grains include: 29.1 km<sup>2</sup>, this being the most representative area, established on slopes between 15% to more than 70%), there is a population density of 173 hab. / km<sup>2</sup>; These, among other factors, are the causes that prevent the development of environmental goods and services, important for the proper functioning of ecosystems in this territory. For example, the Water Quality Index (ICA, for its acronym in English), which drains into the mangrove, is from regular to very poor; The rivers, without flow in the dry season, facilitate the plugging of the mouth of the estuary, raising (30-33 ‰) or decreasing (0.15-0.45 ‰) periodically the concentration of salt in the estuary water, in addition to increasing the water temperature, for long periods of time. To the foregoing, the usurpation of the mangrove is added, for the construction of houses (13.1 ha) or agricultural growth (22.01 ha).

These factors are promoting the development of a monospecific forest of *Avicennia germinans*, with a Holdrige complexity index (ICH) that reaches a value of 0.094 and is also underdeveloped and deteriorated.

Similarly, the salty forest has been reduced in area, from 1954 to 2018 by 33.21% (260.01 ha.), that is, 620.41 ha. to 414.4 ha. respectively; an area smaller than that officially managed by the Ministry of the Environment and Natural Resources (MARN).

### **Palabras Claves:**

Key Words: Mandinga Basin, Pululuya, Mangrove, El Salvador, *Avicennia germinans*;  
Index Complexity, Salinity, ICA,

## **I. INTRODUCCIÓN**

El uso del agua como eje principal del desarrollo económico y social es cada vez más frecuente, observándose que este uso se vuelve excesivo, evidenciándose una demanda que se vuelve mayor a la oferta existente naturalmente.

El manejo actual del agua por el ser humano está generando un impacto negativo en los recursos naturales, al punto que caudales necesarios para el mantenimiento de los ecosistemas no están disponibles, limitándose la reproducción y desarrollo de estos. Es de señalar al respecto, que la delimitación y comportamiento natural de los territorios no está determinado por los contornos administrativos que definen las municipalidades, sino más bien por la delimitación de las cuencas hidrográficas; espacios que tienden a generar bienes y servicios ambientales para entregarlos a los diferentes ecosistemas (en donde se incluye al ser humano) y lograr su desarrollo, desde la parte más alta de sus territorios hasta la más baja. Es de tomar en cuenta, que la función natural de los ecosistemas, garantiza que los servicios ecosistémicos estén disponibles permanentemente en los diferentes territorios (BID 2014).

La sostenibilidad de los recursos naturales depende en gran medida del actuar del ser humano, incluso de aquellos que tienen la responsabilidad de protegerla. El funcionamiento de los ecosistemas y las cuencas hidrográficas depende en gran medida del entendimiento y el compromiso para la protección de estos; actualmente, las normativas y políticas sobre el manejo de los recursos naturales en El Salvador, se aplican tímidamente, o por igual, no se aplican, facilitando la explotación de ecosistemas fundamentales para la vida. Ecosistemas de manglares, bosques nebulosos, humedales continentales, entre otros, están siendo depredados, en cierta medida, para satisfacer intereses económicos, principalmente. Ante esto, las entidades estatales no asumen el rol que por ley tienen que ejecutar, ya sea por vacíos en las normativas o por no existir voluntad estatal de aplicar la ley, ampliándose la vulnerabilidad ambiental, social e incluso económica del país.

El Banco Mundial, considera que El Salvador debe Mejorar la coordinación entre las diferentes entidades gubernamentales con responsabilidad ambiental; Ajustar los instrumentos de evaluación ambiental; Complementar los instrumentos de evaluación ambiental con guías y normas técnicas; Fortalecer el marco de monitoreo y cumplimiento de acuerdo con las prioridades nacionales; seguir desarrollando el Sistema de Información Ambiental (SIA) como instrumento fundamental para la toma de decisiones, participación pública y rendición de cuentas; y, determinar otras brechas legales y reglamentarias de mediano y largo plazo que deben abordarse a fin de mejorar las condiciones ambientales y el establecimiento de prioridades en El Salvador. (BM 2007).

Ante la necesidad de lograr minimizar un impacto en los ecosistemas, se considera necesaria de manera urgente la restauración de estos, buscando equilibrar el nivel de degradación con el objetivo fundamental del manejo. Un primer paso en la restauración será evaluar el nivel de degradación del ecosistema. Si un ecosistema tiene todavía los procesos básicos intactos o no, como el ciclo hídrico y de nutrientes, ayudará a definir el punto de partida para la restauración (BID 2014).

El objetivo general de esta investigación fue determinar la influencia de los factores biofísicos y antrópicos que contribuyen en la destrucción del ecosistema de manglar de Barra Salada, Sonsonate; a través de un levantamiento de información en los municipios de San Julián, Cuisnahuat y Sonsonate.

Específicamente, fue necesario elaborar una caracterización socioeconómica y ambiental de la cuenca Mandinga; analizar el comportamiento hídrico de la cuenca Mandinga y su impacto en el bosque de manglar de Barra Salada; identificar y caracterizar las zonas de bosque de manglar más afectadas y proponer lineamientos estratégicos para contribuir a la restauración del manglar de Barra Salada.



## II. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Actualmente los ecosistemas de manglar se caracterizan por estar amenazados ya sea por aprovechar su madera o quizás en mayor medida por la usurpación de estos territorios, para promover el cambio de uso del suelo, siendo el establecimiento de caña de azúcar (*Saccharum officinarum*), la ganadería y construcción de viviendas, algunos de los factores que contribuyen a la desaparición de algunas de estas áreas en estos ecosistemas. Entre otras causas que pueden reducir y alterar la estructura del bosque, están la extracción de madera de mangle destinada para la construcción y leña; de igual manera, se considera la calidad y cantidad de agua que proviene de los ríos Mandinga y Pululuya, ya que aguas arriba existen poblados que impactan sobre la calidad del agua, a través de labores domésticas, usos agrícola y pecuario.

Por otra parte, la cantidad de agua dulce necesaria en el manglar no es suficiente para que la dinámica de flujo continuo establezca un equilibrio natural con el agua de mar al momento de mojar el estero y posteriormente ingresar al océano; además, esto hace que exista una mayor corriente marina, que entra con mayor fuerza, generando un incremento y acumulación en la concentración de sal en las aguas que bañan el área del manglar; a esto se suma el taponamiento de la bocana por periodos de hasta 6 meses, provocando un incremento en la temperatura del agua, cambios de Ph, salinidad, proliferación de plagas y enfermedades que afectan al ecosistema, impactando en la salud del manglar, provocando en algunos árboles la muerte de estos.

Desde el punto de vista físico-químico no se puede obviar que los residuos de pesticidas y fertilizantes pueden generar un comportamiento diferente en el estuario, al encontrarse en forma diluida en el agua, procedentes por supuesto de las parcelas agrícolas, principalmente del cultivo de caña de azúcar y granos básicos.

Sin duda alguna, las acciones que se desarrollan en las cuencas hidrográficas afectan directa o indirectamente los ecosistemas costeros; sin embargo, estos territorios son manejados

desde una perspectiva de la sabiduría popular y la política, en lugar del monitoreo a largo plazo a fin de generar propuestas que respondan en la sostenibilidad de los territorios (BID 2014).

El buen manejo y desarrollo del bosque de manglar, depende en gran medida de una identificación clara de los factores que inciden negativamente en su estructura y funcionamiento, que por lo general están relacionados al uso que tienen las cuencas hidrográficas. Conocer, interpretar y monitorear el comportamiento antrópico y ambiental en la cuenca, puede ayudar a encontrar e implementar soluciones de protección y conservación de ecosistemas claves para la provisión de bienes y servicios ecosistémicos y para la mitigación de los efectos del cambio climático. La visión espacial de las cuencas hidrográficas permite a los tomadores de decisiones públicos y privados comprender la relación cercana que existe entre el desarrollo socio-económico y los servicios ecosistémicos. Por lo tanto, la planificación espacial es una oportunidad para asegurar la provisión actual y futura de todos los bienes y servicios, y, los usos múltiples del agua (BID 2014).

### **III. OBJETIVOS**

#### **3.1. Objetivo General**

Determinar los posibles factores biofísicos y antrópicos que están influyendo en la destrucción del ecosistema de manglar de Barra Salada, Sonsonate,

#### **3.2. Objetivos Específicos**

- ✓ Elaborar una caracterización socioeconómica y ambiental de la cuenca Mandinga, ubicada en el departamento de Sonsonate.
- ✓ Analizar el comportamiento hídrico de la cuenca Mandinga para determinar su impacto en el bosque de manglar de Barra Salada.
- ✓ Identificar y caracterizar las zonas de bosque de manglar más afectadas.
- ✓ Proponer lineamientos estratégicos para contribuir a la restauración del manglar de Barra Salada.

### **IV. HIPÓTESIS**

Existen características biofísicas y antrópicas en la cuenca del río Mandinga que inciden en la degradación del manglar de Barra Salada.

## **V. MARCO TEÓRICO CONCEPTUAL**

### **5.1 Objetivos del Desarrollo Sostenible (ODS)**

En la Cumbre para el Desarrollo Sostenible realizada en octubre de 2015, los Estados miembros de la ONU aprobaron la agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible, entre cuyos objetivos se destaca: Poner fin a la pobreza y el hambre en todo el mundo de aquí a 2030; combatir las desigualdades dentro de los países y entre ellos; construir sociedades pacíficas, justas e inclusivas; proteger los derechos humanos; promover la igualdad entre los géneros y el empoderamiento de las mujeres y las niñas; garantizar una protección duradera del planeta y sus recursos naturales; crear las condiciones necesarias para un crecimiento económico sostenible, inclusivo y sostenido, una prosperidad compartida y el trabajo decente para todos, teniendo en cuenta los diferentes niveles nacionales de desarrollo y capacidad.

De los 17 Objetivos del Desarrollo Sostenible, son los objetivos 13 (Adoptar medidas urgentes para combatir el cambio climático y sus efectos), 14 (Conservar y utilizar en forma sostenible los océanos, los mares y los recursos marinos para el desarrollo sostenible) y 15 (Gestionar sosteniblemente los bosques, luchar contra la desertificación, detener e invertir la degradación de las tierras y detener la pérdida de biodiversidad) los que ponen gran énfasis en la protección y conservación, buscando de esta forma, garantizar la sostenibilidad del medio ambiente (Naciones Unidas 2018).

Lo anterior se establece, debido a que: a) el cambio climático afecta a todos los países, produciendo un impacto negativo en su economía, la vida de las personas y las comunidades, ya que la temperatura media de la superficie del mundo podría aumentar 3° C este siglo y las personas más pobres y vulnerables serán los más perjudicados; b) existe un continuo deterioro de las aguas costeras debido a la contaminación y la acidificación de los océanos, que está teniendo un efecto adverso sobre el funcionamiento de los ecosistemas y la biodiversidad, y que también está afectando negativamente a la pesca de pequeña escala. Las áreas marinas protegidas deben ser administradas de manera efectiva, contar con

recursos suficientes y regulaciones que ayuden a reducir la sobrepesca, la contaminación marina y la acidificación de los océanos; y c) el 30.7% de la superficie terrestre está cubierta por bosques y estos, además de proporcionar seguridad alimentaria y refugio, son fundamentales para combatir el cambio climático, pues protegen la diversidad biológica y las viviendas de la población. Al proteger los bosques, también se fortalece la gestión de los recursos naturales y se aumenta la productividad de la tierra (Naciones Unidas 2018).

Actualmente, 13 millones de hectáreas de bosque desaparecen cada año y la degradación persistente de las zonas áridas está provocando la desertificación de 3,600 millones de hectáreas. Aunque un 15% de la tierra se encuentra actualmente bajo protección, la biodiversidad aún está en riesgo. La deforestación y la desertificación, provocadas por las actividades humanas y el cambio climático, suponen grandes retos para el desarrollo sostenible (Naciones Unidas 2018).

## **5.2 Acuerdo de París**

Ante el eminente aumento de la temperatura a nivel mundial, se logró en París en diciembre de 2015, la adopción por 195 países del mundo, del Acuerdo sobre Cambio Climático, cuyo objetivo es contener el aumento de la temperatura "muy por debajo de los 2° C", respecto a la era preindustrial y "de seguir esforzándose por limitar este aumento a 1,5° C".

El Salvador ha sido uno de los firmantes de dicho acuerdo, en el que se están considerando los siguientes aspectos: a) Mantener el aumento de la temperatura media mundial muy por debajo de 2° C con respecto a los niveles preindustriales, y proseguir los esfuerzos para limitar ese aumento de la temperatura a 1,5° C con respecto a los niveles preindustriales, reconociendo que ello reduciría considerablemente los riesgos y los efectos del cambio climático; b) Aumentar la capacidad de adaptación a los efectos adversos del cambio climático, promover la resiliencia al clima y un desarrollo con bajas emisiones de gases de efecto invernadero, de un modo que no comprometa la producción de alimentos; c) Elevar las corrientes financieras a un nivel compatible con una trayectoria que conduzca a un desarrollo resiliente al clima y con bajas emisiones de gases de efecto invernadero. El

acuerdo establece que Las Partes deberían adoptar medidas para conservar y aumentar, según corresponda, los sumideros y reservorios de gases de efecto invernadero, incluido en ellos los bosques (MARN 2018).

Tomando en cuenta el escenario de alta vulnerabilidad y la severa degradación ambiental que experimenta El Salvador, una de las principales iniciativas a promover en el marco del Programa de Restauración de Ecosistemas y Paisajes (PREP) es el Programa Nacional REDD+, con un enfoque de Mitigación basada en la Adaptación, con el cual se pretende impulsar actividades que contribuyan simultáneamente a la mitigación y adaptación, enfocándose prioritariamente a una reducción de los impactos adversos del cambio climático y una restauración del paisaje rural a gran escala.

El Programa impulsa prácticas de cultivo basadas en la agroforestería, que además de incrementar reservas de carbono importantes, restauren los servicios ecosistémicos, disminuyan la escorrentía, eviten la pérdida de nutrientes, y generen una mayor resiliencia ante eventos climáticos extremos, que redunde en mejoras de la producción. Estas medidas se acompañan de actividades de conservación y de rehabilitación de ecosistemas forestales como los bosques de galería, bosques secundarios, cafetales y otros ecosistemas forestales dedicados a la protección de áreas críticas como los bosques salados. Este enfoque permite atender compromisos internacionales como los relacionados con el Plan Estratégico de Biodiversidad 2011-2020 y las Metas de AICHI de la Convención sobre la Diversidad Biológica (MARN 2018).

### **5.3 Áreas de Conservación en El Salvador**

Desde el punto de vista de planificación ambiental, existen territorios en los cuales se pueden desarrollar iniciativas donde se fomente la sostenibilidad ambiental, ya que cuentan con ecosistemas importantes, singulares y con capacidad de generar bienes y servicios ambientales. En 2004, el Plan Nacional de Ordenamiento y Desarrollo Territorial (PNOTD) introdujo el concepto de Áreas de Conservación, como estrategia de aplicación de un

corredor biológico nacional. Se definieron 15 Áreas de Conservación en las cuales se encuentran la mayor parte de las Áreas Naturales Protegidas del país.

Las Áreas de Conservación son el espacio territorial que contiene Áreas Naturales Protegidas, zonas de amortiguamiento, corredores biológicos y zonas de influencia, funcionando en forma integral y administrativa a través de la aplicación del Enfoque por Ecosistemas, a fin de promover su Desarrollo Sostenible. A nivel nacional se han considerado 15 Áreas de Conservación, entre las que destaca el Área de Conservación de Los Cóbano, la cual cuenta con las Áreas Naturales Protegidas Los Farallones-Las Victorias, Plan de Amayo, El Balsamar y Los Cóbano, en esta última se incluye el bosque de manglar de Barra Salada (MARN 2015).

Se conoce como Área Natural Protegida (ANP) a una parte del territorio nacional propiedad del Estado, del municipio, de entes autónomos o propietarios privados, legalmente establecida con el objeto de posibilitar la conservación, el manejo sostenible y la restauración de la flora y fauna silvestre, recursos conexos y sus interacciones naturales y culturales, que tenga alta significancia por su función o por sus valores genéticos, históricos, escénicos, recreativos, arqueológicos y protectores, de tal manera que preserve el estado natural de las comunidades bióticas y los fenómenos geomorfológicos únicos (MARN 2012).

El Área Natural Protegida Los Cóbano cuenta con una extensión de 20,775.54 ha., la cual se caracteriza por estar conformada por un espacio marítimo que corresponde al 99.8% del total del área, el 0.2% es parte de la zona continental del ANP, es decir, Santa Águeda o El Zope, Salinitas y la comunidad Los Cóbano; en su área continental se encuentra el bosque salado o manglar de Barra Salada, el cual es un ecosistema formado por la vegetación, el suelo, los canales y la vida silvestre asociada que habita en el área que el agua de mar, en sus más altas mareas, ocupa y desocupa alternativamente por causas naturales, incluyendo los terrenos que se encuentren dentro del área amojonada por la autoridad competente (MARN 2012); Barra Salada cuenta con un área oficial de 454 ha. (MARN 2015, Decreto ejecutivo No. 22 M. A. y R. N.).

Este bosque forma parte del Sistema de Áreas Naturales Protegidas (SANP) el cual es un conjunto de Áreas Naturales Protegidas de importancia ecológica relevante, bajo el régimen de protección en la que a través de su conservación se garantiza la provisión de bienes y servicios ambientales a la sociedad (MARN 2012).

#### 5.4 Región Hidrográfica E: Mandinga-Comalapa

De acuerdo al Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales (MARN), así como el Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG), el país se divide en 11 Regiones Hidrográficas que se identifican por el nombre de los principales ríos (cuadro 1).

Cuadro 1. Regiones Hidrográficas de El Salvador.

No.	Región Hidrográfica	Río representativo	Área (km <sup>2</sup> )	Transnacionales		Total (km <sup>2</sup> )
				Área (km <sup>2</sup> ) Guatemala	Área (km <sup>2</sup> ) Honduras	
1	Región A	Río Lempa	10,102.42	2,557.83	5,252.50	17,912.75
2	Región B	Río Paz	914.22	1,714.67		2,628.89
3	Región C	Río Cara Sucia	772.52			772.52
4	Región D	Río Grande de Sonsonate	777.91			777.91
5	Región E	Río Mandinga-Comalapa	1,295.11			1,295.11
6	Región F	Río Jiboa	675.59			675.59
7	Región G	Estero de Jaltepeque	983.49			983.49
8	Región H	Bahía de Jiquilisco	951.77			951.77
9	Región I	Río Grande de San Miguel	2,424.84			2,424.84
10	Región J	Río Sirama	1,016.57			1,016.57
11	Región K	Río Goascorán	1,055.14		1,388.06	2,443.20

Fuente: PLAMDARH 1981.

El 50% del territorio nacional es drenado por el río Lempa, el 22% por ríos considerados de tamaño medio y el 28% por los ríos costeros, caracterizándose estos últimos por su corto recorrido de 10 a 30 km. Además, existen algunas cuencas Endorreicas, tales como Coatepeque, Laguna Llano del Espino y otra serie de pequeñas lagunas en todo el país (GOES 1982).



La Región “E” o Mandinga Comalapa (Anexo 14) comprende las pequeñas cuencas situadas entre la Cordillera del Bálsamo y la costa del Océano Pacífico, teniendo un área de 1,326.9 km<sup>2</sup>, que representa un 5% del territorio nacional; se localiza en los departamentos de Sonsonate, La Libertad, San Salvador y La Paz (GOES 1982).

Una de las cuencas importantes de esta región es la del río Mandinga, que tiene un área de 86.51 km<sup>2</sup> y comprende parte de los municipios de Sonsonate, Cuisnahuat y mínimamente en San Julián (Figura 1), todos del departamento de Sonsonate; ésta se forma con los ríos Mandinga, el cual tiene como tributario a la quebrada Ojos de Agua, y el río Pulumaya.

El río Mandinga drena directamente al humedal del Bosque Barra Salada, el cual se compone de manglares de las familias Rhizophoraceae, Acanthaceae, Combretaceae y Avicenniaceae.

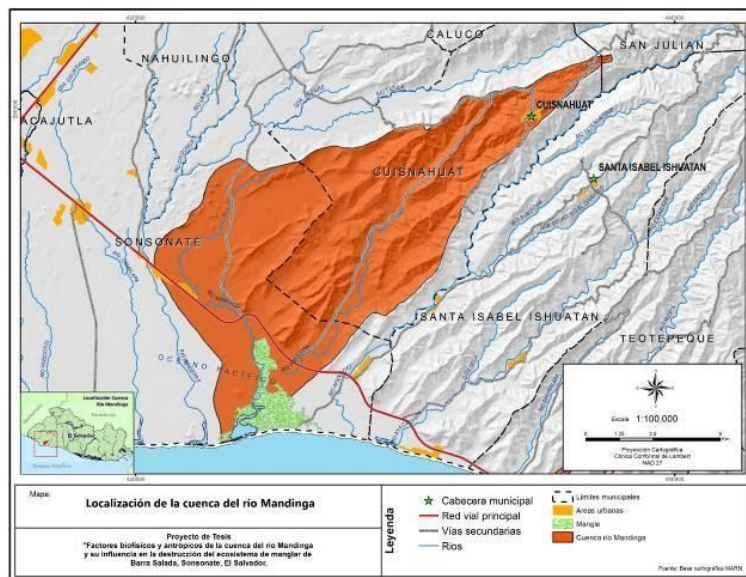


Figura 1. Cuenca del río Mandinga (Fuente: Elaboración propia 2018).

## **5.5 Humedales**

De acuerdo a la Ley de Áreas Naturales Protegidas de El Salvador, los humedales son extensiones de marismas, pantanos y turberas, o superficies cubiertas de agua, sean estas de régimen natural o artificial, permanentes o temporales, estancadas o corrientes, dulces, salobres o saladas, incluidas las extensiones de agua marina cuya profundidad en marea baja no exceda de seis metros (MARN 2012).

El Salvador cuenta con un conjunto de humedales en el interior de las masas continentales y en la zona costera, en estos últimos se ubican los principales bosques salados, siendo los más destacados los de la Bahía de Jiquilisco en el departamento de Usulután; Estero de Jaltepeque en el departamento de La Paz; Barra de Santiago y Garita Palmera en el departamento de Ahuachapán; El Tamarindo en el departamento de La Unión, y los de Barra Salada y Metalío en el departamento de Sonsonate.

El país ha desarrollado una serie de iniciativas que buscan proteger los recursos naturales, ya que en su complejidad tienden a estar integrados por una rica diversidad de flora, fauna y servicios ecosistémicos, características de estos territorios. Según Decreto Legislativo No. 341 del 2 de julio de 1998, la Asamblea Legislativa ratifica la Convención RAMSAR, comprometiéndose el país a proteger de forma efectiva los humedales, su flora y fauna, fomentando su conservación, adecuada gestión y uso racional (MARN 2013).

El MARN creó en marzo 2011, la Unidad de Humedales para formular e implementar el Plan Nacional de Mejoramiento de Humedales en cumplimiento al Convenio RAMSAR. En ese contexto, el MARN ha elaborado una Estrategia y un Plan Ambiental Operativo para cada sitio RAMSAR, a través de un proceso participativo con todos los actores asociados a los humedales. Esto permitirá un manejo integral de los humedales con un esfuerzo que permita fortalecer la coordinación, comunicación y concertación de la población que habita en el área de influencia, así como los gobiernos locales, Organismos Gubernamentales (OGs), Organismos No Gubernamentales (ONGs) y empresa privada.

Además, mediante Decreto No. 54 de fecha 8 de septiembre de 2016, el Presidente de la República crea el Comité Nacional de Humedales o Comité Nacional de RAMSAR, como comité consultivo asesor, cuya finalidad es procurar el desarrollo sostenible de los humedales de El Salvador. Estará presidido y coordinado por el MARN. La importancia de los sitios RAMSAR radica en funciones ecológicas, como reguladores de los regímenes hidrológicos; como hábitat de una fauna y flora característica, especialmente de aves acuáticas; constituir recursos de gran valor económico, cultural, científico, generación de bienes y servicios ambientales y recreativo, cuya pérdida sería irreparable (MARN 2013).

#### **5.5.1. Sitios RAMSAR en El Salvador**

Entre los sitios RAMSAR ubicados en las zonas costeras del país se encuentran: la Bahía de Jiquilisco, formando parte del paisaje conocido como Llanura costera central de El Salvador, el cual fue declarado el 31 de octubre de 2005, en el marco del Convenio internacional sobre humedales, debido a su singularidad y fragilidad, por cuanto es el hábitat de la mayoría de aves marino-costeras del país. Es el único lugar de anidación para algunas de ellas, así como el lugar de destino o paso (alimentación, cambio de plumaje y descanso) de 87 aves migratorias de relevancia internacional. Otros humedales de zona costera, declarados sitios RAMSAR son: el Estero de Jaltepeque y Barra de Santiago. El Lago de Güija, el Cerrón Grande, Laguna de Olomega y la Laguna El Jocotal, son sitios RAMSAR pero no son costeros (MARN 2014).

#### **5.5.2. Manglares**

En el mundo se conocen 54 especies de mangle, distribuidas en 20 géneros, pertenecientes a 16 familias; en América, los géneros más representativos son *Rhizophora*, con raíces arqueadas que sirven de soporte; *Avicennia* y *Laguncularia*, ambas con raíces respiratorias (neumatóforos) que brotan del suelo.

A los manglares se les reconoce como uno de los ecosistemas más ricos del planeta por su productividad, tienen gran importancia económica y ambiental por el uso que las

comunidades rurales les han dado y por los servicios ambientales que brindan. Entre los principales beneficios que tienen se encuentran: control de inundaciones, depuración de aguas, recarga de acuíferos, producción pesquera, producción de madera, fijación de carbono, regulación climática, protección y estabilización de la línea de costa y belleza escénica (CONABIO 2008).

Muchos manglares se desarrollan alrededor de lagunas costeras, esteros y desembocadura de ríos y arroyos. En estas áreas, a nivel mundial se llevan a cabo importantes actividades pesqueras artesanales que aportan alimento y desarrollo económico a comunidades asentadas en la costa. Parte de la actividad pesquera de las zonas costeras existe en virtud de que distintas especies que se aprovechan comercialmente tienen al manglar como zona de crianza y crecimiento desde las primeras fases de su ciclo de vida, ya que entre las raíces de los manglares se protegen y alimentan de larvas, postlarvas y alevines de peces y crustáceos.

Otro aspecto a considerar es que estos bosques producen grandes cantidades de hojarasca, que finalmente se transforma en detritus. Los ecosistemas de manglar son altamente productivos y generan una gran cantidad de nutrientes, los cuales son transportados por las mareas a las aguas marinas de la franja litoral más cercana a la costa, donde son aprovechados por pastos marinos y por una variedad de peces que tienen importancia comercial. De acuerdo con la FAO, cerca del 80% de la captura mundial de peces marinos se realiza en la franja costera. Además, muchas poblaciones de aves acuáticas utilizan los manglares como zonas de reposo o reproducción (CONABIO 2008).

La existencia de los manglares permite amortiguar los impactos que el acarreo de tierra por las corrientes de agua de ríos y arroyos tiene sobre los arrecifes de coral. Los manglares sirven de filtro biológico y retienen o procesan algunos contaminantes: procesan nutrientes en exceso, degradan materia orgánica y almacenan algunos residuos utilizados en la agricultura.

El manglar es un recurso forestal aprovechado por las comunidades rurales asentadas alrededor de estos ecosistemas para producir leña y carbón, material de construcción en viviendas rurales, generan actividades cinegéticas (cacería) y una creciente industria asociada al ecoturismo como el avistamiento de aves migratorias, su paisaje y la variedad de vida silvestre que albergan generan corrientes de turistas que son atraídos por la riqueza natural de estos singulares ecosistemas (CONABIO 2015).

Los manglares juegan un importante papel como barrera natural de protección que contiene la erosión de vientos y mareas. En aquellos sitios en donde el ecosistema de manglar se ha mantenido sano, el impacto de ciclones ha sido menor al de aquellos sitios en donde se destruyeron o no existen estas barreras naturales. Organismos internacionales como la FAO, el PNUMA y el PNUD, reconocen que en aquellos sitios en donde el manglar mantenía su estructura y función, el daño provocado por el tsunami que irrumpió en diciembre de 2005 en costas del Océano Índico, fue significativamente menor (Hernández, C. et al 2013).

Los manglares también prestan servicios ambientales diversos. En condiciones naturales filtran el agua y permiten el abastecimiento de mantos freáticos. Son ecosistemas que capturan gases de efecto invernadero y actúan como sumideros de bióxido de carbono. Contribuyen al mantenimiento de la línea de costa y al sostenimiento de las arenas sobre las playas. Se debe reconocer entonces que los manglares son ecosistemas que aportan importantes servicios ambientales a la diversidad biológica del planeta. Las actividades productivas que desarrollan las personas tienen que ser compatibles con la protección y conservación de los manglares y deben establecerse estrategias que permitan que estos ecosistemas mantengan su estructura y función, para brindar los servicios ambientales que prestan y que son insustituibles (CONABIO 2015).

#### **5.5.2.1. Presiones y amenazas a los manglares**

A pesar de la importancia que presentan los manglares, estos tienden a estar presionados y amenazados. Las actividades humanas, por ejemplo, que difieren de país a país, constituyen

la principal amenaza para estos bosques, entre ellas están las relacionadas con el desarrollo urbano, industrial, turístico, agrícola, ganadero y acuícola, que compiten por el suelo en donde se asientan los manglares.

De acuerdo a investigaciones realizadas por la Universidad Centroamericana “José Simeón Cañas” (UCA), para detectar pesticidas en estanques camaroneros ubicados en dos cantones de la Bahía de Jiquilisco, del departamento de Usulután, se identificó en las aguas circundantes a estos estanques Dieldrín (pesticida utilizado en el cultivo de algodón en concentraciones de 0,085 a 0,182 ppb). En el sedimento de las áreas circundantes a los estanques se encontraron trazas de tres plaguicidas utilizados también para el manejo del algodón, siendo estos el dicloro difenil dicloroetileno (DDE), Heptacloro y dicloro difenil tricloroetano (DDT). En el suelo de los estanques camaroneros (capa a 20 cm de profundidad) se detectó Heptacloro, DDE, Endrín, Dieldrín, dicloro difenil dicloroetano (DDD) y DDT (FIAES-UCA 2007).

Los diferentes contaminantes tienden a ser transportados a los humedales por los ríos, recibiendo presiones que pueden afectar el desarrollo normal de las diferentes especies que se han adaptado a estos ecosistemas, entre los principales contaminantes transportados están: hidrocarburos, fertilizantes, plaguicidas y aguas negras, efecto agudizado cuando el tamaño de las cuencas, el número de ríos, las precipitaciones y los volúmenes de descargas son elevados.

El cambio físico-químico de las condiciones naturales de estos ecosistemas puede alterar el desarrollo y producción de estos bosques; la fragmentación del hábitat de manglar generada por la acción del ser humano puede alterar los flujos de agua superficial, ocasionando estancamientos, aumento en la temperatura, aumento o disminución del caudal entrante a estos humedales ya sea de agua dulce o agua salada, generando cambios de salinidad en el agua y en el suelo (Hernández 2014).

En los bosques de manglar de la Barra de Santiago y Metalío se presentan talas excesivas de manglares, aspectos generados por la expansión de la frontera agrícola, principalmente para el cultivo de la caña de azúcar (*Saccharum officinarum*); a esto se suma que el agua de los ríos que baña los manglares naturalmente, tiende a ser canalizada, lo que imposibilita irrigar el bosque salado que está en la zona de transición, estas acciones generan un cambio en el uso del suelo modificando la textura, humedad y salinidad, preparándolos para establecer cultivares de caña de azúcar, perdiéndose con ellos grandes extensiones de manglar.

En México, las talas excesivas de *Rizophora mangle* (mangle rojo) y *Avicenia germinans* (mangle negro) han permitido el desarrollo de suelos libres de vegetación (claros), en donde se ha dado una rápida salinización de los suelos, favoreciendo la colonización con propágulos de *Avicenia germinans* y *Laguncularia racemosa*, eliminando el mangle rojo en esa zona. En lugares donde existe abundancia de agua dulce y la elevación de salinidad es moderada (no sobrepasa las 30 Unidades Prácticas de Salinidad o UPS), se favoreció el crecimiento de *L. racemosa* y se excluyó la *A. germinans* (proceso generado por frecuentes crecidas en ríos durante el año).

La ganadería, agricultura y la infraestructura urbana han provocado cambios en el flujo de agua; la obstrucción de flujos de agua ha generado que árboles de *A. germinans* mueran, esto se da a medida que los suelos se van salinizando como consecuencia de la falta de flujo de agua provocada por las mareas que no alcanzan a llegar a los lugares donde están las plantaciones de *Avicenia* (Hernández 2014).

De acuerdo a estudios realizados en los municipios de Comacalco, Jalpa de Méndez y Paraíso, en el estado de Tabasco, México, se ha expuesto que la salinidad del suelo determina qué especies y comunidades vegetales se pueden establecer, pues los niveles de tolerancia de éstas son diferentes, por ejemplo, el mangle negro (*Avicennia germinans*) se desarrolla en áreas más salinizadas del sistema, en donde el agua en la columna del suelo alcanza en sus primeros niveles hasta 31 UPS y a un metro de profundidad se pueden registrar casi 60 UPS o más. Las zonas con una salinidad de 6 UPS en las primeras capas y valores máximos

de 32 UPS a un metro de profundidad permiten que se establezcan manglares de tipo mixto de *Rhizophora mangle* y *Laguncularia racemosa*. En áreas donde la salinidad fluctúa entre 10 UPS o menos en los primeros centímetros del suelo y 30 UPS a un metro de profundidad, se promueve el establecimiento y permanencia de *Rhizophora mangle* (Hernández et al 2013).

### **5.6 Cambio climático y los manglares**

En los últimos años se han hecho un gran número de pronósticos de la respuesta de los bosques de manglares ante disturbios de origen natural y antrópico, los cuales han sido definidos como efectos del cambio climático.

Según Pérez Segovia (2014), entre los principales disturbios que modificarían el régimen natural dentro del sistema destacan:

- a) Aumento del nivel del mar. Esto provocaría una progradación de los bosques de manglar tierra adentro, siempre y cuando exista una suficiente tasa de acumulación sedimentaria que lo permita;
- b) Incremento de la temperatura atmosférica. Debido a los cambios térmicos, algunas poblaciones de manglares podrían extender su distribución hacia latitudes mayores, produciéndose un incremento de la productividad neta global del ecosistema de manglar. Además, se esperaría la aceleración de los procesos microbianos sobre todo en la interface agua-sedimento;
- c) Cambio en el patrón de lluvias. Los cambios en el contenido de agua y salinidad de los suelos podrían tener un impacto significativo sobre el crecimiento de los manglares, el contenido de oxígeno en la columna de agua y el establecimiento de la vida intersticial. Por otro lado, la fauna eurihalina (seres acuáticos que son capaces de vivir en aguas que poseen un amplio rango de concentración de sales sin que se vea afectado su metabolismo) no se vería afectada por el incremento o decremento de las condiciones salinas en los bosques, pero la distribución de especies estenohalinas (organismos acuáticos que sólo son capaces de vivir en un estrecho rango de concentración de sales) se alteraría significativamente, cambiando la estructura comunitaria del bosque.



### **5.7 Monitoreo para conocer el estado de los bosques de manglar**

Para conservar y reproducir los ecosistemas de manglar es necesario implementar metodologías para conocer el estado de un bosque de manglar, garantizar la salud de estos y, los bienes y servicios ambientales que generan, lo cual puede hacerse a través del conocimiento de la estructura del bosque y de las características de los árboles, como: altura del árbol, altura de base de la corona, diámetro de la corona, área basal, diámetro a la altura de pecho (Hernández. et al 2013).

Las características físico-químicas de los ambientes donde se desarrollan los manglares pueden determinar también el buen estado del manglar o de una especie en particular. Entre los parámetros físico-químicos a tomar en cuenta están la salinidad intersticial y del agua de los canales, pH, temperatura ambiente, materia orgánica del suelo (porcentaje), Nitrógeno Total, Fósforo Total, Intercambio catiónico, Conductividad y Calcio (Hernández et. al. 2013).

Es de tomar en cuenta que el principal parámetro para determinar la calidad de un bosque de manglar o una especie de ésta, es el porcentaje de salinidad, la cual se expresa en Unidades Prácticas de Sal (UPS), equivalente a partes por mil (0/00).

Existe una clasificación sobre los niveles de salinidad en los sistemas marinos, estuarinos y lagunas costeras que se desglosan en hiperhalinas y euhalinas, es decir, presentan una salinidad mayor que la del mar; y las mixohalinas o salobres, que tienen una salinidad menor a la del mar (Hernández et al 2013).

Las concentraciones de sal en un ambiente de manglar pueden variar significativamente, ya sea en los canales del estero o en las porciones de bosque de mangle, que constantemente reciben agua de los esteros. Las diferentes concentraciones de salinidad pueden ser un factor a monitorear para determinar si posibles variaciones, generadas por factores climáticos o antrópicos, pueden incidir en la destrucción del manglar.

Cuadro 2. Clasificación de las condiciones de Salinidad en los sistemas marinos, estuarinos y lagunas costeras.

Sistemas marinos y estuarinos	Salinidad (UPS)	Lagunas costeras	Salinidad (UPS)
Hiperalino	Mayor de 40	Hiperalino	Mayor de 40
Euhalino	30-40	Euhalino	30-40
Mixohalino (salobre)		Estuarino	10-30
Polihalino	18-30		
Mesohalino	5-18		
Oligohalino	0.5-5	Oligohalino	0-10
Agua dulce	Menor de 0.5		

Fuente: Jiménez (2015).

### 5.8 Especies de árboles de mangle presentes en los manglares de El Salvador

Entre las principales especies de manglar que se encuentran en El Salvador, están:

- 1) *Avicennia bicolor*. Nombre Común: Madre Sal. Es una especie de manglar perteneciente a la familia Acanthaceae, se encuentra en las costas del Océano Pacífico desde El Salvador hasta Panamá (Jiménez et.al. 2012).
- 2) *Avicennia germinans*. Nombre común: Ixtaten, Mangle Negro, Mangle Prieto, Madre Sal, Curumo Negro, Palo de Sal, Palo Salado y Culumate. Es una especie vegetal que pertenece a la familia Acanthaceae y por otros a la familia Avicenniaceae. Desempeña un papel clave en el ecosistema del manglar por su hojarasca y detritos movidos por la marea, y como resguardo, crianza y protección para muchas especies de crustáceos, peces, aves y otra vida silvestre. Es un árbol que tolera un gran espectro de salinidad del suelo, se le usa como fuente de combustible, material de construcción y postes de bajo costo. La especie se considera como una estabilizadora de los suelos (Figura 2) (Hernández et al 2013).

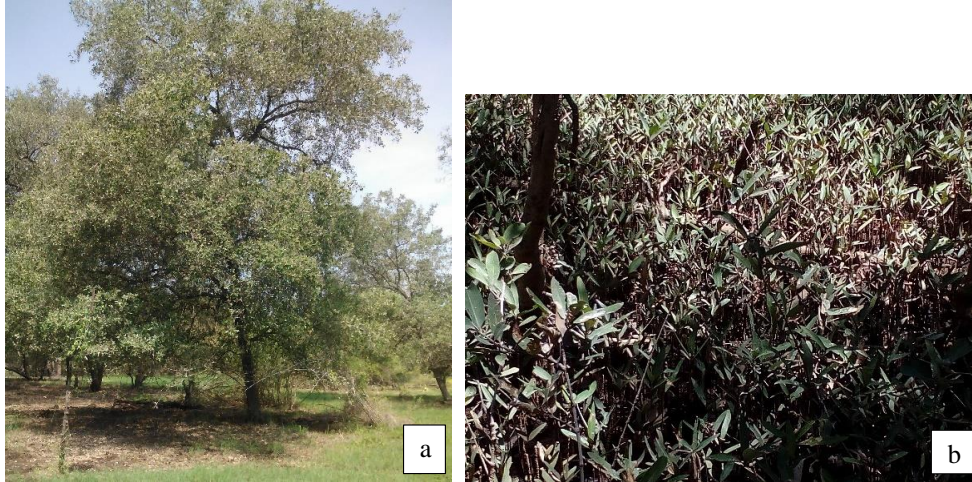


Figura 2. *Avicennia germinans*  
a) árbol adulto; b) plantilla en desarrollo.

- 3) *Conocarpus erecta*. Nombre Común: Botoncillo. Es una especie vegetal de la familia Combretaceae, que crece en las costas, en regiones tropicales y subtropicales de todo el mundo, incluyendo Florida, Bermudas, Bahamas, el Caribe, Centroamérica y desde el sur de México hasta Brasil en la costa Atlántica, y de México a Ecuador en la costa del Pacífico, así como en África Occidental, Melanesia y Polinesia. Es una de las dos especies de mangles pertenecientes al género *Conocarpus* (Jiménez et.al 2012).
- 4) *Laguncularia racemosa*. Nombre común: Mangle Blanco, Sincahuite, Angelín, Mangle mariquita. Perteneciente a la familia Combretaceae. Al igual que *Avicennia germinans* es considerada una especie nuclear de vegetación de manglar. Es un árbol comúnmente pequeño que raramente excede los 10 m de altura. En condiciones de alta salinidad adopta el hábito arbustivo. La corteza es grisácea o café claro, con fisuras largas que provocan exfoliación en bandas. Las hojas son opuestas, de textura coriácea y generalmente de forma elíptica, redondeadas en ambos extremos de la lámina.
- 5) *Rhizophora mangle*. Nombre Común: Mangle Rojo. Es una especie vegetal de la familia Rhizophoraceae, la cual cuenta con alrededor de 120 especies distribuidas en

16 géneros, siendo el género *Rhizophora* el mejor conocido, dominando las partes más anegadas de los ecosistemas de manglar. *Rhizophora mangle* es la especie que mejor está adaptada a suelos inestables, esta situación es por poseer raíces en forma de zancos, que le permiten estabilizarse sobre planos lodosos, es común verlos a orillas de ciénagas, esteros, siempre procurando aumentar su área radicular para poder desarrollarse y colonizar nuevos espacios. Es una especie característica de los litorales donde forma a menudo masas puras en zonas intermareales de lagunas costeras y esteros con influencia de agua salada. Crece en ambientes de continuo movimiento de agua y salinidad variable (hipersalino a salobre) (Figura 3) (Hernández et.al 2013).



Figura 3. *Rhizophora mangle*.

- 6) *Rhizophora racemosa*. Nombre Común: Mangle Rojo Espigado, Mangle blanco, Mangle rojo gigante. Pertenece a la familia Rhizophoraceae. Es una especie nuclear de vegetación de manglar, con troncos generalmente rectos y bien formados que puede alcanzar alturas de 35 m. La corteza es grisácea blanquecina con fisuras, en algunos casos exfolia en placas. Las hojas generalmente presentan un ancho de 3 a 5.5 cm y un largo entre 11 y 13 cm (Figura 4) (Jiménez et.al. 2013).



Figura 4. *Rhizophora racemosa*.

#### 5.9 Bosque de manglar en la cuenca del río Mandinga

La cuenca Mandinga cuenta en su parte baja con un bosque de manglar conocido como Barra Salada, que pertenece al Área Natural Protegida Los Cóbano. De acuerdo al inventario nacional de humedales y al diagnóstico de los humedales de El Salvador, este bosque es conocido también como manglares de Mandinga y está situado entre zonas dedicadas principalmente al cultivo de caña de azúcar, plantaciones forestales de teca y potreros.

El manglar está formado en su zona oriental principalmente por árboles de *Rhizophora mangle* y en la zona occidental por *Avicenia germinans*. Es un manglar semidenso, que ha sufrido graves procesos de transformación del hábitat por invasión de terrenos para establecimiento de viviendas, así como por los efectos del manejo en la parte media y alta de la microcuenca. El bosque se encuentra ubicado en el municipio de Sonsonate, cuenta con un área de 454 ha. (MARN, Decreto No. 22).

#### 5.10 Índice de Complejidad de Holdridge (ICH)

El Índice de Complejidad de Holdridge es una herramienta dasonómica con la que se calcula la estructura de los bosques. Los rangos de evaluación para determinar la

complejidad de un bosque se hacen tomando en cuenta una escala numérica que oscila entre 0 y 100 (Tovilla. 2003), en la medida los resultados de ICH están más cerca de cero, esto indica que la población arbórea es muy pobre y poco desarrollada; cercana a 50 indica que es un bosque medianamente desarrollado y diverso; cercano o igual a 100 indica que el bosque es muy bien desarrollado, diverso en especies arbóreas, buena cobertura boscosa, entre otros. El índice de complejidad de Holdrige puede servir de base para identificar algunas causas que influyen en la degradación del mismo (González Zamorano 2002).

Para determinar el ICH se realizará un muestreo en campo y se aplicará un conjunto de fórmulas, tal como están establecidas en el capítulo VI de este documento.

## **VI. METODOLOGÍA**

### **6.1. Ubicación de la zona de estudio**

La cuenca del río Mandinga está ubicada en el departamento de Sonsonate, incluye parte de los municipios de San Julián, Cuisnahuat y Sonsonate, con un área total de 86.51 km<sup>2</sup>, distribuida de la siguiente manera: 0.11% (0.09 km<sup>2</sup>), 52.43% (45.36 km<sup>2</sup>) y 47.46% (41.06 km<sup>2</sup>) para los tres municipios, respectivamente (Figura 2). El municipio de San Julián no genera un impacto significativo desde el punto de vista territorial, es en los otros dos municipios en donde se concentró el impacto socioambiental de la cuenca.



Figura 5. Municipios y cantones en la cuenca del río Mandinga  
(Fuente: Elaboración propia).

## 6.2. Desarrollo de la Investigación

Para el desarrollo de la presente investigación se tomaron en cuenta los siguientes aspectos:

- a) Caracterización de los principales aspectos socioeconómicos y ambientales de la cuenca Mandinga que pueden incidir en el deterioro del manglar de Barra Salada.
- b) Comportamiento hídrico en la cuenca.
- c) Identificación de actores claves presentes en la cuenca Mandinga y su rol en el recurso hídrico.
- d) Caracterización del bosque de Manglar.
- e) Propuesta para mejorar las condiciones hidrológicas en la cuenca Mandinga y la restauración del bosque de manglar de Barra Salada.

### 6.2.1. Caracterización de los principales aspectos socioeconómicos y ambientales de la cuenca Mandinga

Para identificar los principales aspectos socioambientales y económicos de la cuenca Mandinga, se recopiló información en las Unidades de Salud de los municipios de Sonsonate y Cuisnahuat, Policía Nacional Civil de Medio Ambiente, Organismos No

Gubernamentales (ONG) como África 70, Fondo de inversión ambiental de El Salvador, Agencia de desarrollo económico local (ADEL), entre otras; Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales (MARN), Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG), Dirección de Protección Civil, entre otras; se complementó con información obtenida de imágenes por medio del Sistema de Información Geográfica (SIG).

La información social considerada fue la siguiente; datos poblacionales (grupos etarios), tipos de servicios básicos, educación y principales organizaciones existentes (Juntas administradoras de agua, ADESCOS y Cooperativas), entre otros.

La información biofísica considerada fue: topografía, elevaciones, fuentes superficiales y subterráneas de agua, uso del suelo, conflicto de uso del suelo, geología, clases de suelo, zonas de vida y zonas de recarga hídrica.

Los datos económicos de la zona fueron determinados a través de consulta por el mapa de pobreza del Fondo de Inversión Social para el Desarrollo Local (FISDL), estudios de desarrollo municipal, informes económicos de la Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL), Fundación Salvadoreña para el Desarrollo Económico y Social (FUSADES), haciendo una valoración general sobre el estado de pobreza existente en las comunidades que forman parte de estos municipios.

#### **6.2.1.1. Formas para obtención de información**

Para obtener la información se hicieron las siguientes acciones:

- a) Revisión y recolección de información en línea, en organismos vinculados a los temas de interés como la CEPAL, FISDL, Banco Central de Reserva (BCR), entre otras. Esto se complementó con visitas a las instituciones nacionales.
- b) Entrevistas bilaterales: estas comprendieron reuniones de trabajo con Promotores de Salud, Jefe de Saneamiento Ambiental de las Unidades de Salud, Jueces de Agua,



responsable de la Unidad Ambiental Municipal, referentes de ADESCOS (Asociación de Desarrollo Comunal) y Cooperativas.

- c) Uso del SIG (Sistema de Información Geográfica) para elaborar mapas ambientales, administrativos y territoriales de la cuenca; información que fue analizada y contrastada con visitas de campo.
- d) Giras de campo para levantar y registrar información *in situ* (fotografías, toma de muestras, otras) para consolidar información.

## **6.2.2. Comportamiento hídrico en la cuenca Mandinga**

### **6.2.2.1. Cálculo de caudales**

Se midieron los caudales en sitios estratégicos de los principales ríos que forman la cuenca Mandinga, utilizando molinete hidráulico y en algunos casos a través del método volumétrico. La medición en época seca se hizo en abril y en la época lluviosa fue en el mes de julio, haciendo un muestreo por cada una, en tres puntos de cada río; uno en la parte alta, otro en la parte media y uno en la parte baja de la cuenca (Anexo 13, 24, 35 y 36); sin embargo, por problemas de inseguridad durante el levantamiento, se tomaron mediciones solo en la parte media y baja del río Mandinga, mientras que para el río Pululuya se tomaron los aforos en la parte alta, media y baja de la cuenca.

Es de señalar que, durante la época seca no se encontró agua en los puntos de muestreo para los ríos Mandinga y Pululuya, debido a que los caudales disminuyeron considerablemente. Los puntos donde no se obtuvieron dichos aforos fueron la zona sobre la carretera El Litoral, para ambos ríos.

La información obtenida en las mediciones se comparó con datos históricos obtenidos por el MARN en estos ríos, con el fin de determinar el comportamiento de la cantidad de agua que se transporta en el tiempo; permitió valorar la posible influencia del agua dulce en el estero y cómo la concentración de sal puede variar en las aguas del humedal durante las épocas seca y lluviosa, según la cantidad que ingrese de los afluentes superficiales.

### **6.2.2.2. Análisis de la calidad del agua en ríos y Estero**

#### **Toma de muestras de agua en los ríos Mandinga y Pululuya**

Para la toma de muestras de agua en los ríos se utilizaron frascos esterilizados de plástico con capacidad para 1 Lt. de agua; estos fueron destinados para los análisis microbiológicos. Para análisis físico químicos se utilizaron frascos también de plástico con capacidad para 250 ml., para estos no fue necesario que estuvieran esterilizados. Cada uno de estos frascos, se identificaron (punto de toma de muestra, fecha y hora), se depositaron en una hielera con hielo y fueron transportadas inmediatamente al laboratorio de Química Agrícola de la Facultad de Ciencias Agronómicas en la Universidad de El Salvador. Los puntos de muestreo en los ríos Mandinga y Pululuya fueron los mismos donde se hicieron las mediciones de los caudales (Anexo 24, 32 y 33).

Para cada una de las muestras de agua se hicieron los siguientes análisis de laboratorio: Coliformes Fecales (en NMP/100 ml), pH (en unidades de pH), Demanda Bioquímica de Oxígeno en 5 días (DBO<sub>5</sub> en mg/l), Nitratos (NO<sub>3</sub> en mg/l), Fosfatos (PO<sub>4</sub> en mg/l), Temperatura (° C), Turbidez (en FAU), Sólidos disueltos totales (en mg/l), Oxígeno Disuelto (OD en porcentaje de saturación) y Salinidad.

El equipo utilizado en campo para determinar pH, Temperatura, Sólidos Totales Disueltos (STD) y Conductividad, fue a través de un equipo multiparámetro portátil MI 805.

Una vez se obtuvieron los análisis físicos, químicos y microbiológicos, se hizo el cálculo del Índice de Calidad de Agua (ICA), el cual es una herramienta con la que se caracteriza el estado de un cuerpo de agua a través de diversos parámetros fisicoquímicos y biológicos.

#### **Toma de muestras de agua en el Estero**

Para el muestreo de agua en el Estero se seleccionaron zonas específicas, considerándose las siguientes: a) zonas cercanas a asentamientos humanos; b) zonas cercanas a fuentes contaminantes; c) zona donde se da la transición de río y estero; e) zona cercana a la

frontera agrícola, estos se tomaron en marea alta, marea baja y con bocana cerrada (Cuadro 3) (Anexo 24 y 38).

En el estero solamente se determinó la concentración de sal, pH y temperatura. Para determinar la salinidad se tomaron las muestras de agua que fueron analizadas en laboratorio a través de un medidor portátil de la Serie Orión Star A329 (Thermo Scientific).

Cuadro 3. Zonas de muestreo para determinar salinidad, pH y temperatura en las aguas del Estero de la Barra Salada.

Punto de muestreo	Ubicación	Número de Muestras		Observaciones
		Época seca	Época lluviosa	
1	Bocana de Estero Barra Salada	1	1	Ingreso de agua de mar al estero
2	Zona cercana a depósito de basura	1	1	Posible efecto contaminante por acción del depósito de basura de la comunidad Barra Salada.
3	Zona de bosque de manglar muerto	1	1	Zona en la que han muerto una gran cantidad de árboles de mangle por causas desconocidas.
4	Zona de manglar muerto-transición de zona agrícola	1	1	Posible influencia de la zona agrícola en las proximidades del bosque de manglar.
5	Zona de manglar en desarrollo, zona norte del bosque	1	1	Bosque bien desarrollado.
6	Zona de ingreso del río Mandinga a bosque de Manglar	1	1	Ingreso de agua dulce procedente de la zona del río Mandinga.

Fuente: Elaboración propia (2017).

### 6.2.3. Identificación de actores claves presentes en la cuenca Mandinga y su rol con el recurso hídrico

El proceso para identificar los diferentes actores estuvo determinado por recorridos en el territorio, así como por la referencia obtenida por la bibliografía consultada.

#### **6.2.3.1. Identificación de comunidades**

Se realizaron recorridos con referentes de las municipalidades de Cuisnahuat y Sonsonate, para conocer las principales comunidades que se encuentran en la cuenca, registrando información sobre la calidad de vida que tienen sus pobladores y cómo se comportan en el manejo de la cuenca. La información se consolidó y complementó con los diagnósticos elaborados por las Unidades de Salud, municipalidades, información generada por instituciones del estado, Organizaciones No Gubernamentales (ONG), entre otras. Todo esto permitió generar una visión sobre la realidad socio económica existente y que hace presión sobre los recursos. Cada una de las comunidades han sido georreferenciadas con ubicación detallada de éstas y un mapa de referencia territorial.

#### **6.2.3.2. Identificación de actores claves**

Los actores claves se consideraron aquellos que hacen uso del recurso hídrico superficial de los ríos Mandinga y Pululuya. Para identificarlos se solicitó información a las municipalidades, Unidades de Salud, Asociaciones de Desarrollo Comunal (ADESCOS), Juntas de Regantes, Juntas Administradoras de Agua, Ministerio de Agricultura y Ganadería, Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales, Ministerio de Salud (MINSAL), Fondo de Inversión Social para el Desarrollo Local (FISDL) y Organismos no Gubernamentales (ONG) que trabajan en los territorios.

Los recorridos en la cuenca fueron parte de las estrategias utilizadas para identificar a potenciales actores claves, sin embargo, las características del territorio hacen ver que los “actores claves” dependen de otras cuencas para abastecerse de agua destinada a la agricultura durante la época seca.

#### **6.2.4. Caracterización del bosque de manglar en el contorno de la zona degradada**

Con el fin de determinar el estado del bosque de manglar, su desarrollo y las zonas donde existe mayor deterioro, se realizaron las siguientes actividades:

#### **6.2.4.1. Delimitación del bosque de manglar**

Para delimitar el bosque de manglar en Barra Salada se tomaron en cuenta algunos criterios, como los siguientes: a) área de bosque verde, b) áreas con porciones dentro del bosque o en las orillas de este que tuvieron bosque verde y ahora no presentan vegetación.

Para obtener información sobre los estados de la vegetación en Barra Salada, fue necesario contar con imágenes de ortofotos o aéreas de los años 1954 y 1978, obtenidas en el Centro Nacional de Registros (CNR): Se realizó una ortorectificación de la imagen de 1954 con QGIS 2.18, luego se definió un área específica a través de fotointerpretación, definiéndose las siguientes coberturas: Área de bosque de manglar original, área de bosque de transición, área intervenida, área inundable, salares, zona de manglar poco denso y zona sin manglar.

Para la imagen de 1978 el procedimiento para calcular el área de vegetación en Barra Salada fue el mismo que se realizó para la imagen de 1954.

Utilizando imágenes de GOOGLE Earth, correspondiente al año 2016, se realizó un cálculo del área en el bosque, para ello fue necesario exportar dicha imagen, ortorectificándola con QGIS 2.18; los siguientes pasos para el cálculo del área fue el mismo que se realizó para las fotografías aéreas. Una vez las tres imágenes estuvieron rectificadas, se realizó un proceso con el cual se compararon las tres imágenes a fin de determinar el comportamiento de coberturas por cada uno de estos años.

Para conocer las diferencias de coberturas entre las tres imágenes se procedió a convertirla de un archivo tipo Shapes a uno de tipo Raster, y se utilizó para ello la calculadora RASTER para hacer el procedimiento matemático.

#### **6.2.4.2. Caracterización del bosque que se encuentra en el contorno de las áreas degradadas**

Para caracterizar el bosque se tomó de base las imágenes en las que se delimitaron las áreas dañadas, a las cuales se les denominó “zona”. Alrededor de cada una de estas “zonas” se delimitaron Unidades de Muestreo (UM) siguiendo los puntos cardinales (Figura 6). Se

determinaron 10 unidades de muestreo en cada zona, de 100 metros cuadrados (10 m x 10 m) cada una, obteniéndose una Unidad de Análisis de 1 ha. La información obtenida para cada unidad de muestreo se detalla en el Anexo 2.

La metodología utilizada para distribuir las unidades de muestreo estuvieron determinadas de acuerdo a los siguientes criterio 1) según el comportamiento de la vegetación de manglar alrededor de la zona que se encuentra en deterioro (Figura 6); 2) Según el comportamiento de la vegetación teniendo a un costado un ecosistema o sistema no vinculante con el bosque de manglar (Figura 7).

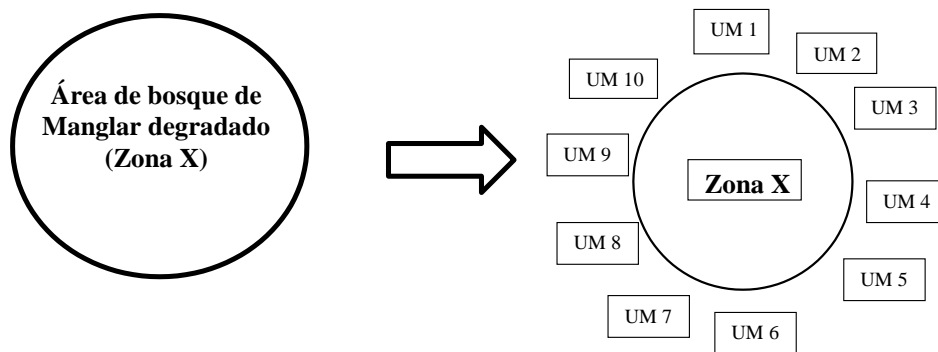


Figura 6. Distribución de las unidades muestrales (10) alrededor de cada área de manglar degradado (Zona X).

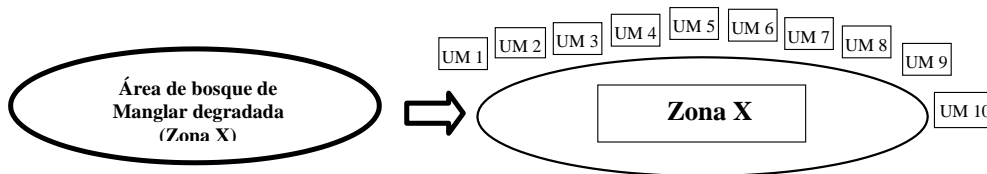


Figura 7. Distribución de las unidades muestrales (10) a un costado de cada área de manglar degradado (zona X).

Cada unidad de muestreo (UM) se ubicó con un GPS, se identificó en cada UM las características del bosque de manglar y la vegetación asociada con Diámetro a la Altura del Pecho (DAP) de 2.5 – 9.9 cm y con DAP mayor a 10 cm, estos diámetros fueron los considerados para la caracterización de los árboles muestreados en cada UM.

Para delimitar cada unidad de muestreo se utilizaron pilares de señalización, debido al bajo número de árboles en cada unidad de muestreo se señalaron los árboles con marca de papel bond, sosteniéndolas con tirro para una mejor demarcación.

Por cada árbol muestreado se identificó: la especie, el Diámetro a la Altura del Pecho (DAP) en cm; la altura del árbol (m), utilizando cinta diamétrica e hipsómetro, respectivamente; Área basal ( $m^2$ ). También se registraron los árboles muertos o enfermos y los tocones (menor de 1.30 m de altura) (Anexo 2).

#### **6.2.4.3. Procesamiento y análisis de la información**

Con la información colectada en cada unidad de análisis, se obtuvo el siguiente parámetro para el bosque:

1) Índice de Complejidad de Holdridge: sirve para determinar el grado de desarrollo estructural en que se encuentra el bosque al contorno de la zona afectada con mangle degradado, este Índice tiene una escala de 0-100 (Tovilla. 2003), lo cual indica mayor complejidad de un bosque a medida que este número se incrementa; para el cálculo se utilizó la siguiente ecuación:

$$ICH= (d) (a) (h) (s) / 1,000$$

Donde:

d = Número de troncos.

a = Área basal [ $\pi / 4 (DAP)^2$ ]

h = Altura del rodal (m).

s = Número de especies.

Con la información colectada se realizó un análisis sobre el comportamiento hídrico y el estado del bosque de manglar de Barra Salada, considerando los siguientes aspectos:

a) Caracterización socioeconómica y ambiental

Esta caracterización permitió entender como la presión socio-económica incide en los recursos naturales suelo, agua y flora, y por ende, en el comportamiento natural de las fuentes de agua superficiales, identificando el nivel de afectación en calidad y cantidad de dichas fuentes durante su ingreso al ecosistema de manglar.

b) Caracterización y análisis del comportamiento hídrico en la cuenca

A través de los resultados de cantidad y calidad del agua de los ríos y los niveles de salinidad en las aguas del Estero, se realizó un análisis y valoración de cómo pueden llegar a influir en el Estero y en el manglar de Barra Salada.

c) Identificación y caracterización de la zona de bosque más afectada en el manglar

En este análisis se buscó conocer el área de bosque más afectado estructural y funcionalmente, Se determinó, cuáles son las especies de mangle que predominan en la zona afectada y que son más vulnerables a los diferentes factores que inciden en el bosque.

A través de imágenes de mapas satelitales y ortofotos, comentarios de residentes en la zona, se realizó un análisis sobre la secuencia histórica del deterioro del bosque de manglar.

**6.2.5. Lineamientos para mejorar las condiciones hidrológicas en la cuenca Mandinga y la restauración del bosque de manglar de Barra Salada**

Tomando en cuenta la opinión de diferentes sectores sociales (a través de talleres y reuniones) presentes en la cuenca, y en particular los que tienen incidencia en la zona de los humedales de Barra Salada, se lograron identificar un conjunto de factores que indican que la falta de coordinación institucional y la falta de aplicación de mecanismos para el



manejo sostenible de los recursos naturales, están ocasionando degradación del manglar; que, de no establecerse criterios de manejo, estos pueden degradarse aún más, al punto de ir desapareciendo por completo.

La coordinación entre actores claves como el Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales, la alcaldía de Sonsonate, Ministerio de Agricultura y Ganadería, Ministerio de Educación, organizaciones comunitarias locales, entre otros, se vuelve necesaria, a fin de que estos apliquen y ejecuten normativas y lineamientos que salvaguarden ecosistemas importantes con los que se garantiza alimento, mitigan los riesgos, se garantiza la diversidad biológica, se genera turismo, entre otros.

## **VII. ANÁLISIS DE RESULTADOS**

### **7.1. Caracterización biofísica de la cuenca del río mandinga**

#### **7.1.1. Fisiografía y relieve**

##### **7.1.1.1. Elevación**

El rango de elevación en la cuenca es de 0 a 600 metros sobre el nivel del mar (msnm), San Julián es el municipio con un rango de elevación único de 600 msnm en una superficie de 0.09 km<sup>2</sup>; Sonsonate presenta elevaciones entre 0 a 200 msnm, distribuidos en un área de 40.9 km<sup>2</sup>. Las áreas propensas a escorrentía elevada (caracterizada por terrenos deforestados y sin

protección) y que pueden generar eventos de riesgo de desastres se ubican en elevaciones mayores a 100 msnm y abarcan un área de recogimiento de 5.5 km<sup>2</sup>, el resto de los terrenos del municipio se ubican en una elevación menor.

El municipio de Cuisnahuat presenta rangos de altura que oscilan entre 100 a 600 msnm, esto indica que se cuenta con un área propensa a escorrentía elevada en 69.4% de su territorio dentro de la cuenca Mandinga; también cuenta con elevación menor a los 100 msnm, sin llegar al nivel del mar, que abarcan el 30.6% (SIG-UES 2017).

#### 7.1.1.2. Pendientes

Los rangos de pendientes y las proporciones de área dentro de la cuenca son los siguientes: a) menores al 15% (45.43 km<sup>2</sup>); b) de 15-30% (19.5 km<sup>2</sup>); c) de 30 a 50% (16.93 km<sup>2</sup>); d) de 50-70% (4.11 km<sup>2</sup>) y e) mayores al 70% (0.54 km<sup>2</sup>) (Cuadro 4) (SIG-UES 2017).

Cuadro 4. Distribución de las superficies de pendientes (km<sup>2</sup>) en la cuenca del río Mandinga.

<b>Pendiente</b>	<b>Km<sup>2</sup></b>	<b>Hectáreas</b>	<b>Porcentaje</b>
<b>0-15%</b>	45.43	4,543.41	52.52
<b>15-30%</b>	19.50	1,949.50	22.53
<b>30-50%</b>	16.93	1,693.30	19.57
<b>50-70%</b>	4.11	410.76	4.75
<b>Mayor de 70%</b>	0.54	54.39	0.63
<b>Total</b>	<b>86.51</b>	<b>8,651.36</b>	<b>100.00</b>

Fuente: Elaboración propia.

Los rangos de pendientes con mayor presencia en el territorio se encuentran entre 0-15%, se concentran principalmente en el municipio de Sonsonate y en menor proporción en algunas planicies de Cuisnahuat; seguidas por las de 15-30%, principalmente en los pie de montaña de Cuisnahuat; las pendientes de 30-50% también son representativas de Cuisnahuat y en muy baja proporción en Sonsonate. Se encuentran en menor proporción los rangos de 50-70% y los mayores al 70%, ambas se encuentran en Sonsonate, aunque principalmente en Cuisnahuat (Anexo 15) (SIG-UES).

Se puede afirmar que las mayores pendientes pueden ser factores de riesgo si no se toman las medidas adecuadas para el manejo de los suelos, principalmente los vinculados con los granos

básicos, debido que son más propensos a la erosión, generar elevada escorrentía y baja infiltración de agua. Estas condiciones son más predominantes en el municipio de Cuisnahuat.

### 7.1.2. Geología

La cuenca del río Mandinga comprende dos tipos de geología:

- a) Formación Bálsamo, estratos de la cordillera del Bálsamo (Plioceno), están compuestos por productos volcánicos en los cuales abundan los aglomerados con intercalaciones de tobas volcánicas endurecidas y corrientes de lava basáltica-andesítica con un espesor aproximado de 500 m. También hay suelos fósiles de color rojo de gran profundidad (hasta 20 m). Además, se encuentran rocas extrusivas con pocas intercalaciones de tobas volcánicas y aglomeradas; la parte inferior es de carácter andesítico y en la parte superior basáltico. La Formación Bálsamo abarca 50.11 km<sup>2</sup>, que comprende el 57.92% de la cuenca, distribuyéndose casi en su totalidad dentro del municipio de Cuisnahuat y pequeñas áreas de Sonsonate.
- b) Formación San Salvador (Holoceno hasta Pleistoceno). Se encuentra en la cadena volcánica joven que atraviesa la parte Sur del país y están compuestos por productos extrusivos de los volcanes individuales. Estos productos son: corrientes de lava, cúpulas de lava, tobas fundidas, tobas, pómez, escoria y cenizas volcánicas, que se encuentran a veces con intercalaciones de sedimentos lacustres. El espesor de los estratos y la sucesión varía de volcán a volcán. También se encuentran suelos fósiles color café y negro. La formación San Salvador se encuentra distribuida en 36.23 km<sup>2</sup> que corresponden al 41.88% de la cuenca, predominantemente en el municipio de Sonsonate (Cuadro 5 y Anexo 16) (Baxter. 1984).

Cuadro 5. Distribución geológica de la cuenca del río Mandinga.

<b>Geología</b>	<b>Área (km<sup>2</sup>)</b>	<b>Hectáreas</b>	<b>Porcentaje</b>
<b>Cuerpos de Agua</b>	0.17	17.11	0.20
<b>Formación Bálsamo</b>	50.11	5,011.37	57.92
<b>Formación San Salvador</b>	36.23	3,623.15	41.88
<b>Total</b>	86.51	8,651.63	100.00

Fuente: Elaboración propia.

### 7.1.3. Clase Agrológicas

Las clases de suelo presentes en la cuenca del río Mandinga son siete, de las cuales la clase VII es la que se encuentra en mayor proporción (51.76%), principalmente en el municipio de Cuisnahuat, en la que predominan altas pendientes y donde la protección de sus suelos se vuelve necesaria, ya que el principal uso del suelo es la producción de granos básicos, predominantemente el cultivo de maíz, donde los suelos son manejados sin ningún tipo de manejo conservacionista.

Las otras clases que se encuentran en la cuenca son la IV, III, VIII, VI, II y V con un 20.59%, 8.4%, 7.33% 5.64%, 3.82% y 2.46%, respectivamente (Cuadro 6 y Anexo 17). Sonsonate se caracteriza por tener en mayor concentración la clase agrológica IV (SIG-UES. 2017).

Cuadro 6. Caracterización de las clases agrológicas en la cuenca.

Clase agrológica	Descripción	Área (km <sup>2</sup> )	Área (%)
II	Tienen de moderada a buena calidad y son aptas para la labranza intensiva con maquinaria agrícola corriente que, a causa del pobre drenaje poseen peligro de inundación y en algunos casos se puede tener el riesgo moderado de erosión, ya que poseen pendientes muy suaves de 2% - 4%, pueden o no necesitar prácticas de corrección sencillas.	3.31	3.82

III	Terreno moderadamente bueno con limitantes importantes en suelo, pendiente o drenaje. Suelos con limitaciones moderadas, con mayores restricciones para la elección de cultivos y generalmente con mayores medidas de conservación en forma combinada, siendo a menudo más difíciles de aplicar las prácticas requeridas y puede ocasionar erosión leve, con pendientes de 4% - 12%.	7.27	8.40
IV	Son tierras de regular a buena calidad y poco aptas para la labranza intensiva, con pendiente de 12% -25%, que corren riesgo de erosión y poseen características desfavorables, pueden o no necesitar de prácticas de conservación y correcciones muy intensivas, son recomendables para agricultura semi intensiva.	17.81	20.59
V	Suelos sin problemas de erosión, en terrenos planos, pero con otras limitaciones permanentes que limitan su uso para pastos, árboles, vida silvestre o para algunos pocos cultivos con requerimientos muy específicos. Son tierras rocosas, suelos de poca profundidad, que la mayor parte del tiempo permanecen inundados y con pendientes que oscilan entre 0% - 6%, imposibilitando la agricultura.	2.12	2.46
VI	Son tierras aprovechables, no aptas para cultivos intensivos a causa de la pendiente que tiene un rango de 25% - 45%, siempre y cuando el suelo tenga una profundidad efectiva mayor de 60 cm; por eso, poseen peligro muy grave de erosión, se utilizan para cultivos permanentes con el empleo de adecuadas prácticas de conservación.	4.88	5.64
VII	Estas son tierras de utilidad restringida, que a causa del peligro de erosión se usan únicamente para vegetación natural y no para el uso agropecuario, esto debido a las pendientes que van desde 45% - 60% y la limitada profundidad efectiva que va de los 25 cm en adelante.	44.77	51.76
VIII	Estas son tierras casi sin valor agrícola actual, por sus condiciones topográficas no pueden ser incorporadas a la actividad agropecuaria, pero si deben orientarse a su conservación y protección, esto porque poseen pendientes mayores del 60%.	6.34	7.33
		<b>86.51</b>	<b>100</b>

Fuente: SIG-UES (2017).

#### 7.1.4. Pedología

La cuenca Mandinga presenta cuatro tipos de suelos, entre los que destacan:

- a) Aluviales, son suelos que se han desarrollado con el paso del tiempo como resultado de los sedimentos depositados por las inundaciones periódicas de arroyos o ríos, son suelos recientes o de reciente deposición y carecen de modificaciones de

los agentes externos (agua, clima, otros); se ubican en áreas ligeramente inclinadas o casi a nivel en las planicies costeras y valles interiores en donde el manto freático está cerca de la superficie y el drenaje por lo general es pobre. Son suelos de alta productividad permitiendo agricultura intensiva y mecanizada, aptos para toda clase de cultivos, es factible el uso de riego.

- b) Grumosoles, son suelos compuestos por arcilla, que se hincha en la época húmeda y se cuartea en la época seca.
- c) Latosoles Arcillo Rojizos; suelos de color rojizo en lomas y montañas, son bien desarrollados con estructura en forma de bloques, con un color generalmente rojo, aunque algunas veces se encuentran amarillentos o cafesosos; esta coloración se debe principalmente a la presencia de minerales de hierro de distintos tipos y grados de oxidación. La textura superficial es franco-arcillosa y el subsuelo arcilloso, la profundidad promedio es de un metro, aunque en algunos sitios se observa afloración de roca debido a los procesos de erosión, son suelos aptos para casi todos los cultivos.
- d) Suelos Regosoles y Halomórficos.

El término Regosol deriva del vocablo griego "rhegos" que significa sábana, haciendo alusión al manto de alteración que cubre la tierra. Los Regosoles se desarrollan sobre materiales no consolidados, alterados y de textura fina. Aparecen en cualquier zona climática sin permafrost y a cualquier altitud. Son muy comunes en zonas áridas, en los trópicos secos y en las regiones montañosas. Sus suelos moderadamente desarrollados de materiales no consolidados que se distribuyen en zonas con fuertes pendientes y de altas precipitaciones, los cuales presentan problemas de erosión (INIFAP, 2010).

En la cuenca Mandinga, los suelos Latosoles Arcillo Rojizos son los más representativos con el 57.02% de todo el territorio (abarcando casi en su totalidad al municipio de Cuisnahuat); en menor proporción los Grumosoles con 19.23%, los Aluviales con 16.81% y los Regosoles Halomórficos con 6.95% (Cuadro 7; Anexo 18) (SIG-UES. 2017).

Cuadro 7. Pedología en la cuenca del río Mandinga.

Nombre	Área (km <sup>2</sup> )	Hectáreas	Porcentaje
Aluviales	14.54	1,454.06	16.81
Grumosoles	16.64	1,663.51	19.23
Latosoles Arcillo Rojizos	49.33	4,933.16	57.02
Regosoles y Halomorficos	6.01	600.89	6.95
<b>Total</b>	<b>86.51</b>	<b>8,651.63</b>	<b>100.00</b>

Fuente: Elaboración propia.

Los suelos Arcillo Rojizos tienden a ser de limitada infiltración de agua en comparación con otros suelos, esto genera en muchos casos que estos liberen mayores cantidades de agua de escorrentía durante el invierno, principalmente cuando el tipo de uso de suelo no genera protección, presentan pendientes pronunciadas, entre otras razones. Esta realidad hace ver la necesidad de implementar alternativas de producción que estabilicen y protejan los suelos, ayuden a la recarga hídrica, se restauren ecosistemas, así como fortalezcan y diversifiquen la economía del municipio.

#### 7.1.5. Uso actual del suelo

En la actualidad, el uso del suelo en la cuenca Mandinga puede indicar el nivel o tipo de impacto que se puede presentar en este territorio, las potencialidades o riesgos que este puede tener. En esta cuenca predomina el uso agrícola con un 94.34%; el resto de actividades se reparten en 4.91% para ecosistemas naturales (manglares y bosque de galería) y 0.65% para tejidos o centros urbanos (SIG-UES).

Los granos básicos cubren un área de 29.1 km<sup>2</sup> (el uso de los suelos dedicados a granos básicos hace que estos sean fácilmente degradados, principalmente durante la época lluviosa, debido al proceso de erosión y alta escorrentía), seguido por los pastos cultivados con 28.15 km<sup>2</sup>; el cultivo de caña de azúcar (especialmente en los suelos que son de mejor clase, es decir los II y III) es otro de los rubros que tiende a expandirse en la zona principalmente en terrenos que presentan pendientes suaves, este se encuentra en 9.03 km<sup>2</sup>. Estos tres cultivos, granos básicos, pastos y caña de azúcar se extienden en 66.28 km<sup>2</sup>, es decir, el 67.69% de la cuenca; el resto de actividades que complementan el 94.34% de uso

agrícola en el territorio son: cultivo del café, cultivos anuales, cultivos irrigados, terrenos principalmente agrícolas, pero con espacios de vegetación natural; mosaico de cultivos y pastos (Cuadro 8, Anexo 19).

Cuadro 8. Uso actual del suelo en la cuenca Mandinga.

<b>Cobertura y uso</b>	<b>Área (km<sup>2</sup>)</b>	<b>Porcentaje</b>
Bosque de Galería	1.67	1.93
Bosque de Mangle	2.57	2.97
Café	0.27	0.31
Caña de Azúcar	9.03	10.44
Cultivos Anuales Asociados	3.34	3.86
Granos Básicos	29.1	33.64
Mares y océanos	0.01	0.01
Mosaico de Cultivos y Pastos	0.44	0.51
Otros Cultivos Irrigados	0.78	0.90
Pastos Cultivados	28.15	32.54
Pastos Naturales	1.98	2.29
Tejido Urbano Discontinuo	0.65	0.75
Terrenos principalmente agrícola, pero con espacios de vegetación natural	8.52	9.85
<b>Total</b>	<b>86.51</b>	<b>100</b>

Fuente: Elaboración propia.

#### 7.1.6. Conflictos de uso del suelo

Los conflictos de uso del suelo en la cuenca Mandinga se deben principalmente a que sus suelos se encuentran en sobre uso, es decir, son suelos en los que se desarrollan actividades que no son adecuadas para estos, debido a sus características morfológicas, edáficas, entre otras. El sobre uso de suelos comprende la ejecución de prácticas, como la siembra de granos básicos, por ejemplo, en terrenos donde se pasan por alto las capacidades de los suelos, para ejercer sus funciones físico, químicas y ecosistémicas; de seguir en estas condiciones, no se garantiza la producción agrícola, los bienes y servicios ambientales, que estos deben desarrollar y que son importantes para el desarrollo socioeconómico y ambiental de una región o territorio.



La categoría de conflicto de uso del suelo que predomina en la cuenca es el sobre uso, el cual representa un 67.3% del territorio, correspondiéndole 39.77 km<sup>2</sup> al municipio de Cuisnahuat, el resto, 18.3 km<sup>2</sup> corresponde al municipio de Sonsonate (Cuadro 9).

Las principales actividades que hacen que en la cuenca Mandinga exista un alto porcentaje de uso no adecuado del suelo son la caña de azúcar, granos básicos, cultivos irrigados, centros urbanos, pastos e incluso café. Solo los cultivos de granos básicos, caña de azúcar y pastos cultivados, abarcan 53.05 km<sup>2</sup> de suelos en sobre uso, es decir, el 61.33% del territorio de la cuenca (Anexo 20).

Cuadro 9. Detalle de sobre uso y uso correcto del suelo en la cuenca Mandinga

<b>Municipio</b>	<b>Sobre Uso</b>	<b>Uso Correcto</b>	<b>Total</b>
Sonsonate	18.4 km <sup>2</sup>	22.52 km <sup>2</sup>	40.92 km <sup>2</sup>
Cuisnahuat	39.7 km <sup>2</sup>	5.8 km <sup>2</sup>	45.5 km <sup>2</sup>
San Julián	0 km <sup>2</sup>	0.09 km <sup>2</sup>	0.09 km <sup>2</sup>
		<b>Total</b>	<b>86.51 km<sup>2</sup></b>

Fuente: Elaboración propia.

Con relación al uso correcto del suelo, se cuantifican 28.39 km<sup>2</sup> en la cuenca, de los cuales, 22.5 km<sup>2</sup> se dan en Sonsonate, 5.8 km<sup>2</sup> en Cuisnahuat y 0.09 km<sup>2</sup> en el municipio de San Julián.

#### **7.1.7. Precipitaciones promedio anuales en la cuenca**

La precipitación en la cuenca oscila entre 1,625 a 1,875 mm/año, comportándose con estos rangos desde la costa de Sonsonate a la franja montañosa de Cuisnahuat y San Julián. Las precipitaciones con 1,675 mm/año son las que en mayor área de terreno se extienden dentro de la cuenca, seguidas por las de 1,725 mm/año, abarcando 48.32 y 22.1 km<sup>2</sup>, respectivamente, del territorio de la cuenca. Las precipitaciones más altas (1,825 a 1,875 mm/año) se distribuyen en pequeñas franjas de terreno que se encuentran en los municipios de Cuisnahuat y San Julián, haciendo un área que comprende 5.09 km<sup>2</sup>.

Del total del territorio de Cuisnahuat que se encuentra en la cuenca (45.36 km<sup>2</sup>), es en 40.36 km<sup>2</sup> donde llueve entre 1,675 a 1,775 mm/año, cantidad de lluvia que precipita en terrenos con pendientes elevadas y en terrenos con poca o nula vegetación; se puede deducir que estas condiciones generan mayores niveles de escorrentía y erosión; de igual forma, la infiltración con estas características se vuelve limitada o muy baja (Cuadro 10).

El municipio de Sonsonate cuenta con un área en la cuenca de 41.06 km<sup>2</sup>, de esta área, es en 35.66 km<sup>2</sup> (86.8% del municipio de Sonsonate que está en la cuenca) en donde caen 1,675 mm/año (Anexo 21). Las pendientes en el municipio de Sonsonate son menores a las que caracterizan al municipio de Cuisnahuat, se generan escorrentías con moderada a baja velocidad, lográndose a la vez una mayor infiltración de agua en los suelos.

Cuadro 10. Precipitaciones promedio en la cuenca Mandinga.

<b>Precipitación</b>	<b>Municipio</b>	<b>Km<sup>2</sup></b>	<b>Porcentaje</b>
1,625	Sonsonate	1.1	1.27
1,675		35.66	41.22
1,725		4.3	4.97
1,675	Cuisnahuat	12.66	14.63
1,725		17.8	20.58
1,775		9.9	11.44
1,825		4.5	5.20
1,875		0.5	0.58
1,875	San Julián	0.09	0.10
		<b>86.51</b>	<b>100</b>

#### **7.1.8. Red hídrica en la cuenca del río Mandinga**

La cuenca del río Mandinga está compuesta por dos ríos principales, el Mandinga y el Pululuya. El río Mandinga nace en el departamento de Sonsonate, 11.2 km al SE de la ciudad de Sonsonate, corre de Norte a Sur y recibe la afluencia de las quebradas: El Muerto, Ojos de Agua y El Seco o El Piojo; su longitud es de 15.8 km y recorre los municipios de San Julián, Cuisnahuat y Sonsonate (Figura 8).



Figura 8. Ríos y quebradas en la cuenca del río Mandinga  
(Fuente: Elaboración propia en base a datos del MARN).

El río Pulumayo recorre los municipios de Cuisnahuat y Sonsonate, se conforma por la unión de los ríos: Los Dos Ríos y la quebrada El Palmar; al llegar a una zona plana, en el municipio de Sonsonate, este se distribuye o dispersa en el terreno sin entrar directamente al manglar, ya que su ruta está bloqueada por un dique que han hecho los ganaderos; tiene una longitud de 10 km (Anexo 1).

#### 7.1.9. Recarga hídrica

La recarga hídrica en la cuenca del río Mandinga oscila entre 0 a 560 mm/año; sin embargo, estos rangos de recarga varían entre los municipios de Sonsonate y Cuisnahuat, principalmente. En Cuisnahuat el área de recarga más importante en el municipio corresponde a 34.38 km<sup>2</sup>, donde se logran recargas anuales de 202 a 300 mm. Existe una porción de 6.48 km<sup>2</sup> que logran recargar de 501 a 560 mm/año.

En Sonsonate se tiene un área de 15.32 km<sup>2</sup> con capacidad de recarga que oscila entre 501 a 560 mm/año; otras áreas importantes son las que recargan de 201 a 300 mm/año en un área

de 15.16 km<sup>2</sup>. Entre ambas áreas se logran las mayores recargas que presenta el municipio en la cuenca, llegando a 73.7% de la recarga municipal (Cuadro 11; Anexo 22).

Cuadro 11. Recarga hídrica en los municipios de Sonsonate, Cuisnahuat y San Julián.

Recarga Acuífera Subterránea (RAS)	Cuisnahuat (km <sup>2</sup> )	Porcentaje	Sonsonate (km <sup>2</sup> )	Porcentaje	San Julián (km <sup>2</sup> )	Porcentaje
0-100	0	0	0.54	1.327	0.00	0.00
101-200	4.50	9.9	3.94	10	0.00	0.00
201-300	34.38	75.8	15.16	36.7	0.00	0.00
301-400	0.00	0.0	6.01	15	0.00	0.00
401-500	0.00	0.0	0.09	0.21	0.00	0.00
501-560	6.48	14.3	15.32	37	0.09	100
	<b>45.36</b>	<b>100</b>	<b>41.06</b>	<b>100</b>	<b>0.09</b>	<b>100</b>

SIG-UES (2017).

#### 7.1.10. Hidrogeología

De acuerdo al mapa hidrogeológico nacional elaborado por ANDA- COSUDE (2008), en la cuenca del río Mandinga se tienen dos Unidades Hidrogeológicas bien definidas:

##### a. Unidad de Roca No Acuífera.

Se caracteriza por pertenecer a la formación Bálsamo, está compuesta por flujos de macizos de lavas, intercalados con tobas aglomeradas y brechosas, además de lahares cementados, presentando conductividades hidráulicas muy bajas o casi nulas, debido a su baja porosidad o su alto grado de compactación y cementación. Se considera que constituyen el basamento de los acuíferos identificados en la zona. La profundidad a la que se encuentra esta unidad puede estar arriba de los 100 m. Esta unidad es la que tiene mayor extensión dentro de la cuenca y donde se encuentran la mayoría de manantiales, con caudales variables entre 0.1 y mayores de 2.5 l/s. En su mayoría se trata de manantiales de fisura que surgen de fracturas presentes en las rocas, sobre todo en este tipo de material, que pueden provenir de acuíferos confinados o semiconfinados. La mayor parte se encuentran en la parte alta de la cuenca, es decir, en el municipio de Cuisnahuat.

#### **b. Unidad de Acuífero poroso de gran extensión y productividad media**

Los materiales de esta unidad consisten principalmente de materiales piroclásticos aglomerados y rebajados (pómez, lapillis, tobas), teniendo una distribución granulométrica que varía de fina a gruesa. Las conductividades hidráulicas pueden variar de medianas a bajas, como consecuencia del grado de cementación o compactación que pueden tener los granos de los materiales que la constituyen. Esta unidad puede tener más de 50 m de espesor, y el acuífero es característico en el cantón Coquiama, lugar donde se encuentra el sistema de agua que abastece a algunos cantones del municipio de Cuisnahuat.

#### **7.1.11. Zonas de vida**

La vegetación es un elemento fundamental en los aspectos de conservación del suelo, y en consecuencia, es de interés para la presente investigación conocer cuáles son los tipos de vegetación existente dentro de la zona de estudio, por tratarse de un elemento protector e importante del comportamiento hidrológico del territorio. De acuerdo a Holdridge (1975), las principales zonas de vida presentes en el municipio de Cuisnahuat son el bosque húmedo subtropical (81.04%) y el bosque húmedo tropical (18.96%) (Cuadro 12).

Cuadro 12. Zonas de vida en el la cuenca del río Mandinga.

<b>Zonas de vida</b>	<b>Área (km<sup>2</sup>)</b>	<b>Hectáreas</b>	<b>Porcentaje</b>
bh-S Bosque húmedo Subtropical	70.11	7,011.28	81.04
bh-T Bosque húmedo Tropical	16.40	1,640.35	18.96
<b>Total</b>	<b>86.51</b>	<b>8,651.63</b>	<b>100.00</b>

Fuente: UES/SIG (2017).

#### **7.1.12. Áreas de Conservación**

La cuenca del río Mandinga forma parte del Área de Conservación de Los Cobanos (Figura 6), incluye el Área Natural Protegida (ANP) Complejo Los Cóbanos, el cual abarca el Bosque de Barra Salada; el ANP Los Farallones, el ANP Plan de Amayo, y el Área Natural El Balsamar e Ishuatán.

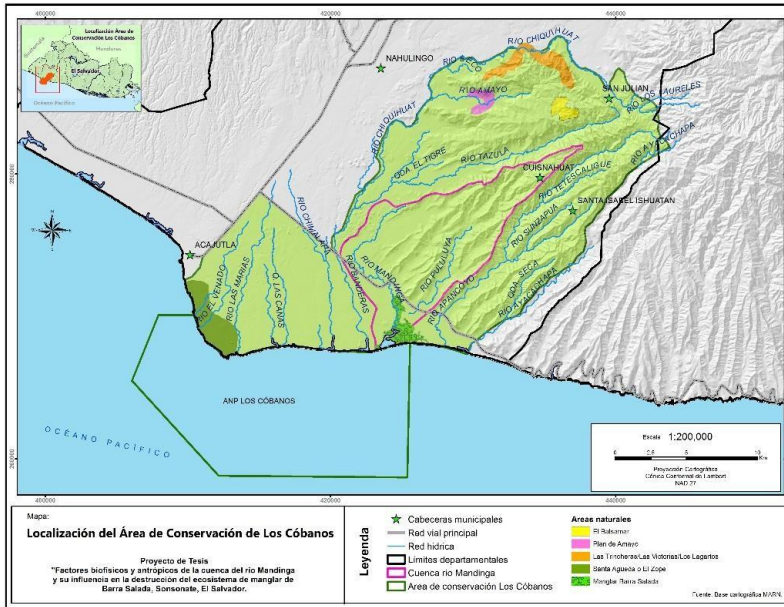


Figura 9. Área de Conservación Los Cóbanos  
Fuente: SIG UES (2017).

### 7.1.13. Áreas Naturales Protegidas

Dentro de la cuenca del río Mandinga las Áreas Naturales y Áreas Naturales Protegidas representativas son el Área Natural El Balsamar y el Área Natural Protegida Los Cóbanos.

#### 7.1.13.1. Área Natural Protegida Los Cóbanos

Está ubicada en el departamento de Sonsonate, entre los municipios de Sonsonate y Acajutla, con una extensión de 21,312.91 hectáreas (has.) y una altitud máxima de 10 msnm. Presenta una alta importancia para la pesca debido a la presencia de varias especies de peces, crustáceos y moluscos de importancia alimenticia; cuenta con riqueza floral siendo importante señalar la existencia de un bosque de manglar como Barra Salada, donde sobresalen al menos tres especies de mangle.

#### 7.1.13.2. Bosque de manglar Barra Salada

A nivel nacional existe un aproximado de 37,097.13 ha., lo que supone 4.75 % de la superficie total de bosque salado del país (MARN 2018); uno de estos, es el bosque de

Barra Salada, que se encuentra en el municipio de Sonsonate y cuenta con un área de 454 ha. (MARN, Decreto No 22), se caracteriza por presentar al menos tres especies de manglar, entre las que se destacan el Mangle rojo (*Rhizophora mangle*), Istaten (*Avicennia germinans*) y Madresal (*Avicennia bicolor*); también se menciona por parte de los lugareños que existen algunos sitios con manglar del tipo Botoncillo (*Conocarpus erecta*) (Jiménez et al 2004).

Este bosque se encuentra bañado en gran parte por los ríos Mandinga y Pululuya; sin embargo, una pequeña porción se encuentra en la cuenca del río Apancoyo (Figura 10 y Anexo 23).



Figura 10. Bosque de manglar de Barra Salada  
(Fuente: Elaboración propia 2018).

## **7.2 Caracterización socio-económica en la cuenca del río Mandinga**

### **7.2.1 Población en la cuenca**

En la cuenca habitan aproximadamente 3,599 familias, con una población de 14,986 personas. La concentración poblacional está en el municipio de Cuisnahuat con el 67%, en el municipio de Sonsonate se encuentra el 33%; el municipio de San Julián no cuenta con población en este territorio. La densidad poblacional en Cuisnahuat es de 244 habitantes por km<sup>2</sup>, en Sonsonate es de 109 habitantes por km<sup>2</sup>. La población de Cuisnahuat se distribuye en 4 cantones: Apancoyo, San Lucas, Agua Shuca y Coquiama, y en el área urbana. El total de comunidades o caseríos incluidos en la cuenca son 21 y 4 barrios del área urbana (Fuente: Entrevista en Unidades de Salud de Sonsonate y Cuisnahuat).

Del municipio de Sonsonate están los cantones Tonalá, El Presidio, Chiquihuat y Salinas de Ayacachapa, y 8 comunidades: El Ovelario o Camalote, Caja de Agua, El Maderal o Vista Hermosa, Ojushtal, El Ashiotal, Barra Salada, Palo Combo y Nuevo México.

La comunidad que mayor impacto genera en los alrededores del bosque de manglar es la de Barra Salada, la cual cuenta con un total de 196 familias (980 personas), generando un impacto directo en la zona sur del bosque (Fuente: Entrevista en Unidades de Salud de Sonsonate y Cuisnahuat).

El impacto de la población sobre el bosque de manglar de Barra Salada radica en las necesidades que el ser humano tiene sobre los recursos naturales, en Cuisnahuat por ejemplo, gran parte de la población se dedica a la agricultura, esto hace que las tierras en esos territorios se adecuen para la siembra de granos básicos, lo que genera mayor deforestación y desprotección en terrenos que deberían de tener la función de ser zonas de recarga hídrica, este hecho reafirma que la disponibilidad de agua de escorrentía en los ríos Mandinga y pululuya sea nula durante la época seca, agua necesaria para alimentar el estero y lograr la mezcla de agua dulce y salada, fundamental para generar condiciones físico químicas, requeridas para el desarrollo de algunas especies en el bosque.



La población que habita en la cuenca perteneciente al municipio de Sonsonate tiene un impacto creciente, principalmente en la comunidad de Barra Salada, ya que las crecidas de las mareas han generado que familias ubicadas en la orilla de la playa se hayan desplazado a terrenos más estables, siendo estos la parte sur del bosque de manglar, cambiando dicho ecosistema por área con viviendas; a la fecha se encuentran 108 familias viviendo dentro del bosque de manglar; sin embargo, existen 53 familias aun viviendo en la orilla de la playa, familias potenciales que pueden exigirle al bosque de manglar área para la construcción de sus viviendas en caso de verse desplazados por el océano.

La demanda de madera para leña y construcción es otro de los impactos generados en el bosque por la población de Barra Salada, así como la que se encuentra sobre la carretera de El Litoral, quienes extraen leña, vigas y pilastras de madera de mangle para comercializarlas sin ninguna restricción.

### **7.2.2 Manejo de los desechos sólidos**

En relación al manejo de los desechos sólidos en la cuenca (se incluyen los poblados de Cuisnahuat y Sonsonate), predomina la quema por parte de un 50% de las familias presentes en el territorio; en un 23.7% de las viviendas es recolectada por el tren de aseo; el 17.8% la tira a campo abierto; 6.4% la entierra y un 2% hace un manejo diferente (recolección y comercialización de material para reciclaje).

Los residuos sólidos que se recogen por el camión recolector son llevados al relleno sanitario que se encuentra dentro del área municipal de Cuisnahuat, que es administrado por la municipalidad de Sonsonate. Algunas comunidades rurales de Cuisnahuat son beneficiadas con el servicio del tren de aseo, ya que para llegar al relleno es necesario transitar por éstas, por ejemplo, las ubicadas en el cantón San Lucas, esto ha permitido que en Cuisnahuat se atiendan con este servicio a un 34.3% de las viviendas en el área rural, en cambio en el municipio de Sonsonate solo se atiende al 1.3% con este servicio.

A pesar de disponer de los servicios del tren de aseo en algunas comunidades rurales de Cuisnahuat, es en este municipio donde se tiene el mayor porcentaje de viviendas que tiran los desechos a campo abierto, correspondiendo al 22.4% (529 viviendas); contrario al 8.2% (92 viviendas) del municipio de Sonsonate.

Los desechos sólidos dejados a cielo abierto son fácilmente arrastrados por las aguas de escorrentía que son descargadas a los ríos Mandinga y Pululuya, siendo finalmente depositados en el manglar de Barra Salada.

El entierro de los desechos sólidos es otra forma utilizada en 84 viviendas del municipio de Sonsonate y en 129 viviendas de Cuisnahuat (Cuadro 13).

Cuadro 13. Deposición de desechos sólidos en comunidades de la cuenca hidrográfica.

	Número de viviendas	La tiran a campo abierto	La entierran	Tren de aseo	Queman	Otro
Cuisnahuat	2,361	529	129	811	821	71
	Porcentaje	22.4	5.5	34.3	34.8	3
Sonsonate	1,124	92	94	15	923	0
	Porcentaje	8.2	8.4	1.3	82.1	0
<b>Total</b>	<b>3,485</b>	<b>621</b>	<b>223</b>	<b>826</b>	<b>1744</b>	<b>71</b>
	<b>Porcentaje</b>	<b>17.8</b>	<b>6.4</b>	<b>23.7</b>	<b>50.0</b>	<b>2</b>

Fuente: Elaboración propia (2018).

El relleno sanitario no es manejado de manera eficiente, ya que, según algunos lugareños, los lixiviados son descargados al río Pululuya, cuando se llenan y rebalsan las pilas de captación, principalmente durante la época de invierno. Es de señalar, que este riesgo de contaminación es considerado por el MARN dentro del catálogo: mapa nacional de riesgo ambiental (MARN 2018)

Los desechos sólidos en la comunidad de Barra Salada (municipio de Sonsonate) son recolectados por la municipalidad de Sonsonate, sin embargo, esta colecta es de manera esporádica, llegando a coleccionar los desechos una vez a los quince días. La acumulación de desechos orgánicos e inorgánicos es inminente, siendo depositados en un contenedor

ubicado en el centro de la comunidad, que al llenarse, son tirados y esparcidos en los alrededores del bosque de manglar.

La falta de cultura y visión municipal para el manejo de los desechos sólidos en Barra Salada, ha hecho que familias tiren sus desechos en los patios de las casas que han construido en el interior del bosque de manglar, promoviendo la contaminación directa. El impacto de este fenómeno genera que el manglar pierda su atractivo para el turismo, así como el cambio en las características físico químicas del suelo y agua, que son fundamentales para el desarrollo de las diferentes especies de mangle.

### 7.2.3 Manejo de excretas

El manejo de excretas en los municipios que forman parte de la cuenca no representa un problema si hablamos de contaminación de aguas superficiales, ríos o manantiales. Del total de viviendas que se encuentran en la cuenca, 93.4% (3,256 viviendas) disponen de letrina o inodoro, y solo el 6.57% no tiene (229 viviendas). Cuisnahuat es el municipio que tiene 221 viviendas sin letrina, mientras que en el municipio de Sonsonate 8 viviendas se encuentran en estas condiciones.

Los principales sistemas para eliminar excretas que se encuentran en la cuenca son las letrinas aboneras (49.97%), letrinas de fosa (36.27%), letrinas de lavar (8.78%) y 4.98% son de otro tipo (Cuadro 14).

Cuadro 14. Tipo de sistemas para eliminación de excretas

	Disponibilidad de letrina para eliminar excretas		Tipo de letrina o inodoro			
	si	no	Fosa	Abonera	Lavar	Otro tipo
<b>Cuisnahuat</b>	2,140	221	991	1,100	49	0
<b>Porcentaje</b>			46.31	51.40	2.29	0
<b>Sonsonate</b>	1,116	8	190	527	237	162
<b>Porcentaje</b>			17	47	21	15
<b>Total</b>	<b>3,256</b>	<b>229</b>	<b>1,181</b>	<b>1,627</b>	<b>286</b>	<b>162</b>
<b>Porcentaje</b>	<b>93.42</b>	<b>6.57</b>	<b>36.27</b>	<b>49.97</b>	<b>8.78</b>	<b>4.98</b>

Fuente: Elaboración propia (2017).

En la comunidad Barra Salada solo una vivienda no cuenta con letrina de ningún tipo; sin embargo, 33 viviendas tienen letrina de fosa, 88 viviendas tienen letrina abonera y 74 viviendas tienen letrinas de lavar. Las letrinas aboneras las tienen las viviendas que se encuentran dentro del manglar, con la limitante que al haber inundaciones en la zona puede existir contaminación.

Durante el levantamiento de la información en campo no se identificaron descargas de aguas negras a los ríos o quebradas que drenan al manglar de Barra Salada.

#### **7.2.4 Acceso al agua para consumo**

El acceso al agua por cañería dentro de la vivienda es del 45.27%, con abastecimiento de agua con cañería fuera de la propiedad es del 9.08%, acceso a pozo el 27.25% y río-quebrada 18.40%.

La administración del sistema de agua por cañería corresponde en Cuisnahuat a la municipalidad, mientras que en las comunidades de Sonsonate son las Juntas Administradoras de Agua Comunitarias.

A pesar que se hacen esfuerzos por garantizar que el agua entubada esté al alcance de todas las familias, hay 634 familias que no tienen acceso al agua, ya que se abastecen con agua de ríos y quebradas. Es importante mencionar que durante la época seca este recurso se vuelve no accesible para muchas familias, ya que las fuentes se secan. Cuisnahuat tiene 580 familias (24.5%) que accesan a ríos o quebradas para abastecerse de agua, mientras que Sonsonate tiene 54 familias (5%).

Otras fuentes de abastecimiento de agua para consumo humano son pozos subterráneos profundos, para el caso del municipio de Cuisnahuat, parte de la dotación de agua a su población la obtienen de un pozo perforado en el cantón Coquiama, zona que forma parte de la cuenca del río Grande de Sonsonate, este sistema es administrado por la

municipalidad y desde este punto se distribuyen a una gran parte de las comunidades que se encuentran en la cuenca Mandinga.

Igual sucede para algunos caseríos del municipio de Sonsonate que se abastecen de sistemas de agua (pozos) que se encuentran en las planicies costeras del municipio.

### 7.2.5 Educación

De acuerdo a información facilitada por las Unidades de Salud ubicadas en la cuenca y que forman parte de los municipios de Sonsonate y Cuisnahuat, aún se encuentra una población que no sabe leer ni escribir, que asciende a 3,622 personas, de las cuales el 28.58% son de Cuisnahuat y el 71.42% del municipio de Sonsonate.

Se reportan 11,111 personas que están cursando algún nivel educativo, de los cuales 63.34% lleva estudios menores a séptimo grado; 20.5% estudian de séptimo a noveno grado; 14.65% cursan bachillerato y 1.51% cursa nivel universitario o una carrera técnica (Fuente: Entrevista en Unidades de Salud de Sonsonate y Cuisnahuat).

Los resultados anteriores indican que es viable lanzar campañas de sensibilización orientadas al manejo del suelo y a la reforestación, principalmente en los terrenos que son impactados por la agricultura de subsistencia, principalmente en el municipio de Cuisnahuat. En Sonsonate, las campañas de sensibilización deben orientarse principalmente en la protección del bosque de manglar, resaltando su importancia y beneficios para las comunidades que son parte de la zona Costera.

Cuadro 15. Nivel escolar y de alfabetismo de la población en la cuenca Mandinga.

Municipio	No sabe leer	Estudios menores a 7º grado		Estudios entre 7º y 9º grado		Estudios de 1º a 3º año de Bachillerato		Estudios Universitarios o Técnicos	
		M	F	M	F	M	F	M	F
Sonsonate	1,035	1,483	1,699	0	0	129	124	25	17
Cuisnahuat	2,587	1,942	1,913	1,183	1,095	822	553	68	58
<b>Total</b>	<b>3,622</b>	<b>3,425</b>	<b>3,612</b>	<b>1,183</b>	<b>1,095</b>	<b>951</b>	<b>677</b>	<b>93</b>	<b>75</b>
		7,037		2,278		1,628		168	
		63.34		20.50		14.65		1.51	

Fuente: Elaboración propia (2017).

### **7.2.6 Nivel de Pobreza en los municipios ubicados en la cuenca del río Mandinga**

De acuerdo al mapa de pobreza elaborado por el Fondo de Inversión Social para el Desarrollo Local (FISDL), Cuisnahuat se cataloga como un municipio que presenta pobreza extrema severa, el cual es un municipio aislado y con pocas posibilidades de crecimiento, su economía depende significativamente de la agricultura de subsistencia (cultivo de granos básicos), esto influye significativamente en el deterioro de la cuenca. Sonsonate se cataloga por tener un nivel de pobreza baja.

Según el diagnóstico de las Unidades de Salud y de la encuesta de Hogares y Propósitos Múltiples, el 0.53% de la población de la cuenca son Profesionales, 1.24% son empleados de oficina, 9.63% son vendedores de comercios y mercados, 48.84% son agricultores y trabajadores calificados, 1.06% son operadores de instalaciones y máquinas, y el 38.7% son trabajadores no calificados (Fuente: Entrevista en Unidades de Salud de Sonsonate y Cuisnahuat).

Los niveles de pobreza en la cuenca, principalmente en las comunidades rurales de Cuisnahuat y Sonsonate, han generado por mucho tiempo que haya extracción y utilización de recursos naturales para la subsistencia, estas condiciones no han permitido que el suelo, el agua y el bosque se conserven de manera sostenible.

### **7.2.7 Desarrollo humano**

A nivel mundial, El Salvador se encuentra ubicado entre los países de desarrollo medio, específicamente en el puesto 117 con un Índice de Desarrollo Humano (IDH) de 0.680. A nivel de municipios, Cuisnahuat tiene un IDH de 0.666 y Sonsonate de 0.706, ubicándolos en los puestos 165 y 79 respectivamente (Pleitéz. 2009).

Estos resultados indican que es necesario implementar acciones con las que mejore el comportamiento de los índices anteriormente planteados; para ello es conveniente desarrollar iniciativas que fomenten la economía, la salud y el conocimiento, un esfuerzo que no es fácil al ser implementado únicamente por la municipalidad; es necesario identificar actores con los que se logre un apoyo interinstitucional para hacer este esfuerzo, el cual puede estar

enmarcado en un plan de desarrollo municipal o a través de la visión de desarrollo microregional (opinión del autor).

### **7.2.8 Actores presentes en la cuenca del río Mandinga**

Los actores presentes en la cuenca del río Mandinga se distribuyen en los siguientes grupos: Organizaciones comunitarias; instituciones; empresa privada; Asociaciones de Desarrollo Comunal (ADESCOS), que son las estructuras más representativas de los municipios que forman parte de la cuenca; de igual manera se destacan las Juntas administradoras de agua y cooperativas.

Institucionalmente se presentan en los territorios de la cuenca un conjunto de actores que se dedican a trabajar en temáticas diversas, ya sea en las áreas urbanas o rural de los municipios de Sonsonate y Cuisnahuat.

La empresa privada está presente en actividades que generen rentabilidad económica a partir de la explotación de recursos como la pesca, la industria o la agroindustria (caña de azúcar).

En el Anexo 5 se presentan los actores que se encuentran en la cuenca y que juegan un rol determinante en el estado de la cuenca y en el bosque de manglar de Barra Salada.

## **7.3 Análisis del comportamiento hídrico de la cuenca Mandinga y su posible impacto**

### **en el bosque de manglar de Barra Salada**

Durante el levantamiento de información para determinar el Índice de Calidad del Agua (ICA), fue necesario considerar la calidad físico química del agua y la calidad microbiológica para los ríos Mandinga y Pumuluya. El total de muestras obtenidas por ambos ríos fue de cinco, tres para el río Pumuluya y dos para el río Mandinga.

### **7.3.1 Calidad física-química del agua en los ríos Mandinga y Pumuluya**

Los parámetros considerados para el análisis físico químico fueron los siguientes: pH, temperatura, oxígeno disuelto (OD), Sólidos Totales Disueltos, Fosfatos, Nitratos y Turbidez (Cuadro 16).

Cuadro 16. Resultados físico químicos del agua en ríos Mandinga y Pululuya.

Río	pH	Temperaturas		OD	OD	STD	DBO	Fosfatos (PO <sub>4</sub> )	Nitratos (NO <sub>3</sub> )	Turbidez	Coliformes
		Puntual	Ambiente (°C)	mg/L	Saturación (%)	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	FAU	Fecales
Parte alta río Pululuya	7.24	20	21	7.79	98.40	64.30	2.77	0.40	1.50	14.00	>160,000
Parte media río Pululuya	8.01	19	20	8.02	100.70	86.40	1.42	0.58	1.90	180.00	160,000
Parte baja río Pululuya	7.51	20	21	0.42	5.30	148.70	67.20	0.97	2.55	355.00	160,000
Parte media río Mandinga	7.91	21	22	7.00	87.00	106.10	1.77	0.62	2.50	145.00	90,000
Parte baja río Mandinga	7.78	20	21	6.80	84.50	164.40	1.24	0.95	2.00	21.00	6,000

Fuente: Elaboración propia (2018).

### 7.3.1.1. Potencial de Hidrógeno (pH)

El pH es un parámetro que indica los niveles de acidez y basicidad que pueda tener el agua, y para que un agua pueda ser consumida o utilizada para usos diversos esta debe de presentar un pH que oscile entre 6 y 8 (MARN 2017) (MARN 2012).

Las aguas de estos ríos presentaron valores de pH entre 7.51 y 8.01, esto indica que se encuentran en niveles adecuados para el desarrollo de vida acuática tanto en el río Mandinga como en el río Pululuya; sin embargo, posibles descargas de lixiviados en la parte baja del Pululuya, por el relleno sanitario, pueden hacer que el pH se reduzca significativamente.

### 7.3.1.2. Oxígeno Disuelto (OD)

Un adecuado nivel de oxígeno disuelto es necesario para una buena calidad del agua. Si los niveles de oxígeno disuelto en el agua bajan de 5 mg/l, la vida acuática es puesta bajo presión; a menor concentración hay mayor presión para el desarrollo de flora y fauna, incluso de microorganismos. Niveles de oxígeno por debajo de 1 a 2 mg/l por unas pocas horas pueden resultar en grandes cantidades de peces muertos. El oxígeno disuelto es esencial



para la supervivencia de todos los organismos acuáticos (no sólo peces, también invertebrados como cangrejos, almejas, zooplacton, entre otros). Además, el oxígeno afecta a un vasto número de indicadores bioquímicos y también estéticos como el olor, claridad del agua y sabor (MARN 2017; MARN 2012).

La concentración de oxígeno disuelto ha oscilado entre 0.42 y 8.02 mg/L. en el río Pulumayo y entre 6.8 y 7 mg/l para el río Mandinga. En la parte baja del río Pulumayo es donde la concentración de oxígeno disuelto (OD) se encuentra muy por debajo de los límites considerados adecuados (0.42 mg/L.), condiciones en las que se presenta anoxia (factores en las que el OD en el agua está agotado), limitando el desarrollo de peces u otro tipo de fauna acuática. Una posible causa de este comportamiento son las posibles descargas de lixiviados (principalmente en la época de lluvias) generados por el relleno sanitario de Sonsonate, ubicado a un costado del río. A esto se suma que si el río transporta materia orgánica, se requiere de una mayor cantidad de oxígeno disuelto para degradar dicha materia.

Los resultados anteriores son confirmados con los análisis de lixiviados realizados en vertederos en la Habana, Cuba, donde lograron determinar que en los depósitos de lixiviados la concentración de OD llegó a ser cero, indicando anoxia en ellos (Espinosa Llorens 2010).

El río Mandinga presenta valores de OD que oscilan entre 6.8 y 7 mg/l para la parte baja y media del cauce, respectivamente, estos son niveles adecuados para el desarrollo de especies acuáticas.

Según Muñoz (2015), las concentraciones de Oxígeno Disuelto, pueden estar determinadas por las precipitaciones, temperatura, luz solar y la actividad autótrofa.

### **7.3.1.3. Sólidos Totales Disueltos (STD)**

Los Sólidos Totales Disueltos se refieren a las materias minerales, sales, metales, cationes o aniones disueltos en agua. Esto incluye cualquier cosa presente en el agua que no sea el agua pura (H<sub>2</sub>O).

En la parte alta del río Pululuya se obtuvieron valores de STD de 64.3 mg/L., en la parte media 86.40 mg/L. y en la parte baja 148.7 mg/L., el aumento en dicha concentración se debe en gran medida a la descarga de partículas de suelo que vienen por efecto de la erosión, de los terrenos con pendientes que se encuentran a lo largo del río y que son utilizados para la siembra de granos básicos, principalmente maíz.

El río Mandinga presenta un comportamiento de STD similar al Pululuya, con rangos que oscilan en 106.10 a 164.40 mg/L. para la parte media y baja de este cauce, respectivamente; los valores de STD en Mandinga presentaron mayor concentración que en Pululuya, hecho que puede deberse a que existe en las microcuencas de este río una mayor deforestación, debido al uso de los suelos para siembra de granos básicos, además de presentar pendientes bastante pronunciadas.

#### **7.3.1.4. Fosfatos**

La fuente de fosfatos en las aguas de los ríos Pululuya y Mandinga se debe en gran medida a la descarga de nutrientes de uso agrícola por efecto de la erosión de los suelos, así como por la descarga de residuos de jabones y detergentes liberados por labores domésticas. Las concentraciones de fosfatos en el río Pululuya son de 0.40 mg/L. en la parte alta, 0.58 mg/L. en la parte media y 0.97 mg/L. en la parte baja.

En el río Mandinga se presenta una concentración de 0.62 mg/L. en la parte media del río y 0.95 mg/L. en la parte baja del mismo.

Normalmente la entrada de fósforo a los cuerpos de agua superficiales puede resultar en eutrofización; sin embargo, las concentraciones de fosfatos resultantes son bastante bajas si tomamos en cuenta que los límites establecidos por la Norma Salvadoreña Obligatoria NSO

13.49.01:09, que establece que las concentraciones de fósforo total no deben de superar los 15 mg/L. (CONACYT 2009).

Lo anterior no descarta que la fecha de toma de muestras haya coincidido con periodos de poca o nula fertilización de maíz, esto hace que no se refleje una mayor concentración de fosfatos en las aguas de ambos ríos.

#### **7.3.1.5. Nitratos**

El nitrato es un contaminante común que se encuentra en el agua, puede provocar efectos nocivos si se consume en altos niveles. Bajas concentraciones de nitrato son normales, pero altas cantidades pueden contaminar fuentes de agua potable.

El río Pululuya presenta concentraciones de nitratos para la parte alta, media y baja del río de 1.50, 1.90 a 2.55 mg/L., respectivamente.

En el río Mandinga la concentración de Nitratos se encuentra entre 2 a 2.5 mg/L., siendo menor en las aguas que se encuentran en la parte baja y con mayor concentración en la parte media. Es posible que la incorporación de aguas lluvias pueda haber incidido en la reducción de las concentraciones de nitratos aguas abajo.

Las concentraciones de nitratos en las aguas de ambos ríos no superan los límites permisibles, establecidos por la Norma NSO 13.49.01:09, que no deben superar los 50 mg/L. (CONACYT 2009).

#### **7.3.1.6. Turbidez**

La turbidez es la dificultad del agua para transmitir la luz debido a la presencia de materiales insolubles en suspensión, coloidales o muy finos que están en el agua. Para la presente investigación fue necesario determinar cómo es la turbidez en las aguas de los ríos

Mandinga y Pululuya, obteniéndose los datos a través de la unidad de medida FAU (Unidades de Atenuación de Formazina).

Los datos de FAU son bajos (14) en la parte alta del río Pululuya, y en la medida que se baja a la parte media del mismo río, la turbidez aumenta a 180 y en la parte baja llega a presentar una turbidez de 355 FAU. Dicho comportamiento está relacionado principalmente a la presencia humana y al manejo de uso del suelo, ya que en la zona alta del río la concentración poblacional es menor a la que se encuentra en las partes media y baja, además, el uso del suelo en la parte alta tiende a estar bastante protegido con el bosque de café y bálsamo, no así en la parte media y baja de la subcuenca, donde el uso de los suelos está determinado por cultivos de granos básicos, cuyos suelos se encuentran desprotegidos.

La turbidez del agua en la parte media del río Mandinga fue mayor (145 FAU) que en la parte baja (21 FAU), este hecho se debió a que la toma de muestras en ambos puntos se realizó en fechas diferentes de la época de lluvias, en una de ellas las lluvias fueron constantes y en la otra las lluvias fueron limitadas, lo que permitió que las aguas del río no se enturbiaran (Cuadro 16).

### **7.3.2 Calidad microbiológica del agua en los ríos Mandinga y Pululuya**

El río Pululuya presenta elevados índices de contaminación por Coliformes Totales, Coliformes Fecales, *Escherichia coli*, (oscilando por lo general en una concentración >160,000 NMP/100 ML) y bacterias heterótrofas (con concentraciones que oscilan 10,000 a 37,500 NMP/100 ML.).

El río Mandinga, también presenta contaminación por Coliformes Totales, Coliformes Fecales y *Escherichia coli*, con una concentración que oscila entre los 6,000 a 90,000 NMP/100 ML; por bacterias heterótrofas, la concentración se registra entre 14,800 y 37,500 NMP/100 ML. (Anexo 6).

En ambos ríos, los resultados de la calidad de las aguas superan los índices establecidos por la Norma Salvadoreña Obligatoria NSO 13.49.01:09; sin embargo, es en el río Pululuya, donde se registró la mayor concentración de contaminantes microbiológicos.

Las razones de estas diferencias pueden deberse a la concentración poblacional existente en el trayecto de ambos ríos; además, el río Pululuya se vuelve receptor de lixiviados (una vez se llenan las pilas de lixiviados durante el invierno), descargadas (según pobladores de la zona) por el relleno sanitario, ubicado en cantón San Lucas del municipio de Cuisnahuat, el cual es administrado por la municipalidad de Sonsonate.

Es de señalar, que en el río Mandinga, los resultados obtenidos en la parte media de este, las concentración de coliformes totales y fecales, *Escherichia coli* (28,000 a 90,000 NMP/100ML) y de bacterias heterótrofas (37,500 NMP/100 ML), fueron mayores que en la parte baja de su cauce, donde se obtuvieron resultados de Coliformes totales, fecales y *Echerichia coli* de 6,000 a >9,000 NMP/100 ML, y bacterias heterótrofas de 14,800 NMP/100 ML. Estos resultados se deben a que las muestras de agua tomadas en la parte media del río se realizaron en una fecha en la que las lluvias eran constantes; no así en la fecha que se tomaron las muestras de agua para la parte baja de la cuenca. Lo anterior indica que las lluvias son un posible vehículo de movilización de coliformes y bacterias en el río que puede determinar la concentración de los mismos en el agua.

### **7.3.3 Índice de Calidad del Agua (ICA)**

El Índice de Calidad del Agua (ICA) define la aptitud del cuerpo de agua respecto a los usos prioritarios que este pueda tener. Las aguas con un ICA mayor que 90 son capaces de poseer una alta diversidad de la vida acuática. Las aguas con un ICA de categoría “Regular” tienen generalmente menos diversidad de organismos acuáticos y han aumentado con frecuencia el crecimiento de algas. Las aguas con un ICA de categoría “Mala” pueden solamente apoyar una diversidad baja de la vida acuática y están experimentando probablemente problemas con la contaminación. Las aguas con un ICA de categoría “Pésima” pueden solamente apoyar un número limitado de las formas acuáticas de vida, presentan problemas abundantes y normalmente no sería considerado aceptable para las actividades que implican el contacto directo con ella, tal como recreación (MARN 2017).

Los resultados obtenidos en los puntos de muestreo indican que ninguno de los ríos muestreados (Mandinga y Pululuya) presentan condiciones adecuadas de calidad en sus aguas, ya que según el ICA estas aguas son de pésima a regular calidad; sin embargo, este parámetro varía entre los puntos de muestreo tomados en cada parte de ambos ríos.

La parte baja del río Pululuya presenta aguas con características pésimas (ICA de 16.20), la parte media de este mismo río presenta características malas (ICA de 40.79) y en la parte alta las aguas son de calidad regular (ICA de 51.19). Este fenómeno puede responder al nivel de impacto antrópico que se genera por labores domésticas o por la descarga de desechos de origen orgánico, tales como los eliminados por el relleno sanitario en la parte baja.

El río Mandinga presenta en la parte media agua de mala calidad (ICA de 41.36) y en la parte baja del río agua de calidad regular (ICA de 58.43), lo cual demuestra que la concentración de lluvias es un factor que puede incidir, al menos, de manera leve en la calidad de las aguas (Anexos 7, 32 y 33).

Los resultados físico químicos y microbiológicos de las aguas en los ríos analizados y el ICA, concuerdan con la información generada por la Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL), en la que mencionan que cerca del 90% de la contaminación producida al interior de los países es transportada por los ríos al mar. En las cuencas, la intensificación del uso agrícola del suelo, la ampliación de las fronteras agrícola y urbana, y la deforestación, producen importantes cargas de nutrientes y sedimentos en las aguas costeras, que cuando exceden a la capacidad de carga de los ecosistemas se traducen en verdaderos problemas ambientales. La contaminación de las aguas costeras, la erosión costera, la pérdida de hábitat y de recursos, son entre otros, algunos de los principales problemas que se crean por contaminación de origen terrestre (CEPAL 2002).

Algunas concentraciones de nitratos y fosfatos en las aguas de los ríos Mandinga y Pululuya se encuentran por debajo de los límites que pueden generar contaminación (anoxia o eutrofización), pero, estos valores únicamente representan la presencia de Nitratos y

Fosfatos en una época del año en la que posiblemente las lluvias no hayan sido frecuentes y el periodo de fertilización en las parcelas agrícolas posiblemente no se había realizado cuando se colectó la muestra de agua.

#### **7.3.4 Comportamiento de los caudales**

Desde la década de 1950, muchos humedales tropicales y subtropicales como los bosques inundados han desaparecido o se han degradado en forma creciente. Una evaluación mundial de 227 grandes cuencas hidrográficas mostró que un 37% de ellas estaba fuertemente afectadas por la fragmentación y alteración de los caudales, 23% moderadamente afectadas y 40% no se veían afectadas (Butchart 2005).

Indicadores representativos como el grado de fragmentación de los ríos pueden ser utilizados para inferir la posible condición de al menos algunos humedales. Las represas juegan un papel de gran importancia en la fragmentación y modificación de los hábitats acuáticos, transformando los ecosistemas lóticos (de aguas corrientes) en ecosistemas lénticos (de aguas estancadas) y semi-lénticos, alterando el flujo de materia y energía, y estableciendo barreras para los movimientos de las especies migratorias (Butchart 2005).

En algunos países, grandes extensiones de manglares han desaparecido a causa de la deforestación, en Filipinas, por ejemplo, 210,500 hectáreas de mangle (40% de la superficie total de manglares en ese país) se perdieron como resultado del desarrollo de la acuicultura entre 1918 y 1988. Hacia 1993, solo quedaban 123,000 hectáreas de mangle, lo que equivale a una pérdida del 70% en 70 años (Butchart 2005).

Los caudales de los ríos Mandinga y Pululuya presentan un comportamiento variado en sus caudales, por ejemplo, los aforos que se programaron en la época seca de 2017, no pudieron realizarse en las fechas programadas, ya que estos ríos durante el mes de abril no llevan agua en sus cauces. Esta escases de agua puede deberse a los altos niveles de deforestación en la parte alta de la cuenca, las causas, el crecimiento de la frontera agrícola, impidiendo la recarga de agua durante la época lluviosa.

Durante la época de lluvias fue factible realizar los aforos que estaban planificados para estos ríos, a excepción del programado en la parte alta del río Mandinga, el cual no se pudo realizar debido a factores de inseguridad.

En total fueron cinco los aforos realizados en la zona (dos para el río Mandinga y tres para el río Pululuya), con la información obtenida se realizó una comparación entre los caudales históricos que posee el Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales (MARN).

Los resultados obtenidos en los caudales del río Pululuya en época lluviosa varían levemente y en disminución entre el mes de julio de 1974 y julio 2017 con una diferencia de 0.0246 M<sup>3</sup>/seg, en un período de 43 años; esta disminución representa 2125.44 metros cúbicos que dejan de ingresar por día en julio de 2017.

De igual manera se presenta en el río Mandinga durante el mes de julio de 1974 (0.0533 M<sup>3</sup>/seg.) y julio 2017 (0.010 M<sup>3</sup>/seg.) observando una disminución en el caudal de 0.0047 M<sup>3</sup>/seg.; esta disminución, representa 406 metros cúbicos que dejan de ingresar al manglar por día en julio del 2017.

De acuerdo a los registros, durante la época seca, la cantidad de agua que corre por el río Pululuya es mínima, 0.0124 m<sup>3</sup>/seg y 0.0651 m<sup>3</sup>/seg en los meses de enero y diciembre de 1975, respectivamente; para abril de 2017 el caudal que se registró fue cero, no había agua en el río (MARN 2017).

En el caso del río Mandinga, en abril del 2017 no pasa agua por el río, está completamente seco.

De manera general, es en el río Pululuya en donde más agua se colecta y logra ser transportada a la planicie costera; sin embargo, este río no descarga sus aguas directamente al bosque de manglar de Barra Salada, ya que tiende a bloquearse el paso por medio de un dique de tierra construido por los ganaderos de la zona, posiblemente para cambiar las



condiciones físico-químicas del suelo del manglar y promover la muerte de este. Las aguas del río Mandinga si entran directamente al bosque de manglar, descargando sus aguas en la época lluviosa, transportando consigo una gran carga de sedimentos generados aguas arriba.

Los valores obtenidos en las mediciones, así como algunos valores históricos reportados, se presentan en el Cuadro 17 y Figura 11 (Anexos 12, 13, 35 y 36).

Cuadro 17. Caudales en ríos Mandinga y Pululuya para los años 1974, 1975, 1976, 1990 y 2017.

Fecha Aforo	Río	Ubicación	Caudal (m <sup>3</sup> /s)
<b>Río Pululuya</b>			
Julio 1974	Pululuya	10 m aguas abajo del puente en carretera litoral.	0.2146
Agosto 1976	Pululuya	150 m aguas abajo del puente en carretera litoral.	0.0979
Julio 2017	Pululuya	250 metros arriba del puente carretera Litoral	0.19
Enero 1975	Pululuya	20 m aguas arriba del puente en carretera litoral.	0.0124
Dic. 1975	Pululuya	10 m aguas abajo del puente en carretera litoral.	0.0651
Abril 2017	Pululuya	20 metros arriba de puente en carretera El Litoral	0
<b>Río Mandinga</b>			
Mayo 1974	Mandinga	400 m aguas arriba del puente en carretera litoral.	0.0235
Julio 1974	Mandinga	200 m aguas arriba del puente en carretera litoral.	0.0533
Julio 2017	Mandinga	10 Mts aguas abajo del puente del río mandinga	0.010
Dic. 1975	Mandinga	200 m aguas abajo del puente en carretera litoral.	0.1034
Enero 1976	Mandinga	25 m aguas abajo del puente en carretera litoral.	0.0717
Marzo 1990	Mandinga	20 m aguas abajo del puente en carretera litoral.	0.0267
Abril 2017	Mandinga	20 m aguas abajo del puente en carretera Litoral	0

Fuente: MARN (2017) y Elaboración propia (2017).

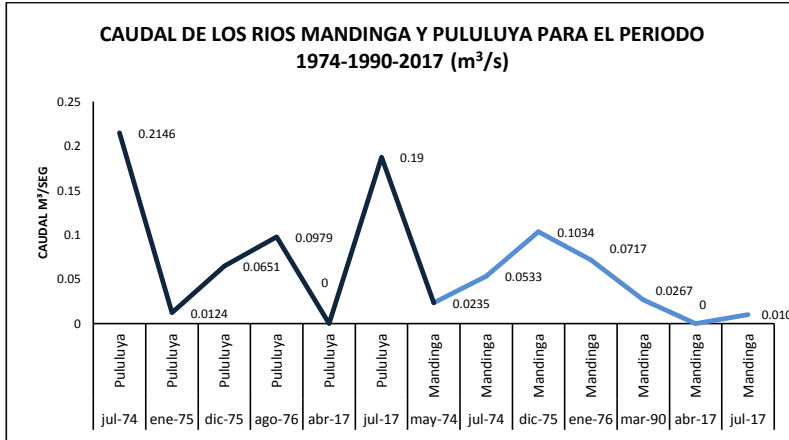


Figura 11. Comparativo de caudales históricos de los ríos Mandinga y Pululuya (MARN 2017).

#### 7.4. Salinidad del agua en el estero de Barra Salada

Uno de los aspectos que se consideró de mayor atención en este estudio fue la concentración de sal en las aguas del estero, factor que incide en el desarrollo de un bosque de manglar (Hernández 2014).

Para determinar la salinidad se hicieron dos muestreos en época lluviosa, uno en junio de 2017 y el otro en agosto de 2018, en ambos resultados se observan datos de salinidad que difieren entre sí, a pesar de haberse realizado en época de lluvias (Figura 12). En junio 2017 cuando la bocana estaba cerrada, los niveles de salinidad en el agua se encontraron entre 0.024 a 0.455‰; y en las que se tomaron en agosto 2018, cuando la bocana estaba abierta mostraron rangos de salinidad que oscilaron entre 7.8 a 33.2‰.

La diferencia en las concentraciones de salinidad para ambos periodos está determinada por el tipo de agua que ingresa al estero, siendo únicamente agua dulce en junio de 2017, ya que, en esta época, con la bocana cerrada, no ingresó agua de mar. En la medida que entra solo agua dulce, la cantidad de agua salada que se encontraba antes de que la bocana se cerrara, tiende a diluirse y a bajar la concentración de sal.

En agosto de 2018, en la época lluviosa y con la bocana abierta, el ingreso de agua dulce y agua salada al estero es constante; las concentraciones de sal fueron mayores a las encontradas en la época lluviosa de 2017, con la bocana cerrada (Anexo 37).

Durante la época seca, en abril de 2017, la concentración de sal en las aguas del estero osciló entre 30 a 33.5‰, la falta de agua en los ríos Mandinga y Pululuya (los ríos estaban secos) generaron que el agua que ingresara al manglar fuera únicamente la del océano.

Según Olgún (2007), la salinidad en las aguas de los manglares puede ser mayor que la del agua de mar, debido al proceso de evaporación.

Rico Palacios (1996) comprobó que la salinidad en las aguas de la ciénaga del Nor Oeste de Campeche en México, disminuye rápidamente con las lluvias.

Casas y Perdomo-Trujillo (2001) concluyeron que las variaciones de salinidad en el agua superficial de los manglares del Caribe Colombiano, estuvieron determinados por la época climática, los niveles de inundación y por el efecto de los cuerpos de agua adyacentes.

Batres, Leyva y Sayes (2016) en la bahía de la Unión, El Salvador, mencionan que las concentraciones de sal en las aguas del estero pueden variar una vez se presentan o se van las lluvias.

Pérez Segovia (2014) dice que pueden existir mayores concentraciones de sal durante la marea baja, cuando el espejo de agua que cubre a los sedimentos intermareales es mínimo, principalmente durante el día.

Otro factor que incide en el aumento de la salinidad en las aguas del Estero, según Francisco Gavidia, Oceanógrafo y coordinador de la Unidad de Oceanografía del Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales (MARN 2018) en El Salvador, es el taponamiento de la bocana del manglar de Barra Salada en ciertas épocas del año. El volumen de agua presente en el Estero de Barra Salada responde a tres factores principales:

a) el comportamiento de la marea, b) el oleaje y c) la dinámica fluvial o los caudales de los ríos que drenan al estuario, estos factores influyen significativamente en el comportamiento de las aguas que ingresan y salen del Estuario.

El volumen de agua intercambiado entre un estuario y el mar abierto durante un ciclo de marea completo, distinguiendo el agua entrante/saliente del agua en el interior del estuario, se le conoce como Prisma de Marea.

Los factores mencionados, unidos a la dirección del oleaje (el cual se comporta de Oeste a Este) y la fuerza de arrastre del oleaje, hacen que la playa se socave, removiendo grandes cantidades de arena que es trasladada de norte a sur en la playa, introduciendo grandes cantidades de arena al Estero, la cual debería ser devuelta por la misma fuerza de la marea en vaciante y el agua que proviene de los ríos; sin embargo, esta se acumula en la bocana, generando una pared que va bloqueando poco a poco el paso del agua hasta que la bocana se tapa.

Las causas de este taponamiento en la bocana se deben principalmente a: a) durante la época seca no existe caudal suficiente en los ríos Mandinga o Pululuya para contrarrestar la fuerza de la marea; b) en la época lluviosa se movilizan grandes cantidades de sedimento proveniente del río Mandinga y Pululuya; c) disminución en la velocidad del agua dentro de los canales del manglar y d) disminución de la profundidad de los canales estuarinos. El taponamiento generado en la bocana impide el intercambio de aguas entre el estero y el mar, ocasionando cambios en la composición físico química del agua estancada, se genera mayor evaporación y con ello un aumento en las concentraciones de salinidad en el agua que pueden afectar negativamente el desarrollo de algunas especies de manglar, además de promover el desarrollo de otras especies de mangle más tolerantes a los nuevos cambios (Figura 9).

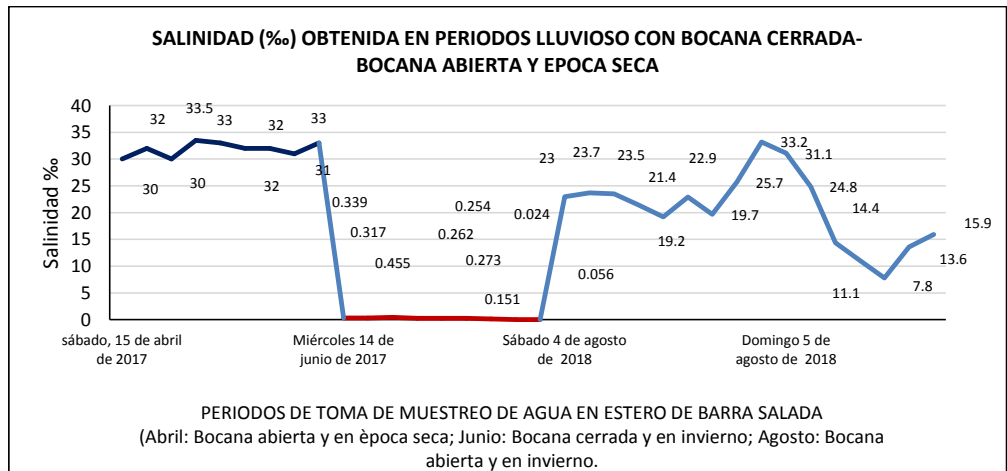


Figura 12. Comportamiento de la salinidad en el agua del Estero de Barra Salada en época seca y lluviosa, con bocana abierta y cerrada.



Figura 13. Puntos de muestreo de agua en el manglar Barra Salada para determinar salinidad.

## 7.5 Caracterización del bosque de manglar en el contorno de la zona degradada

Se muestrearon en total tres zonas para determinar el estado vegetativo del bosque de manglar, considerando estas como las más representativas de la zona (Cuadro 18). Las zonas donde se realizaron los muestreos para observar la estructura del manglar estuvieron determinadas por los siguientes criterios: a) Zona 1, se observó la falta de vegetación de mangle en esa zona, tomando en cuenta que esta se encontraba en el interior del bosque, con baja presión antrópica directa (Anexo 25); b) Zona 2, se caracterizó por encontrarse en un lugar de poca vegetación, presentando una presión generada por la ganadería y la producción de caña de azúcar (*Saccharum officinarum*) (Anexo 26); c) Zona 3, se consideró por presentar un área donde la vegetación ha sido sustituida para la construcción de viviendas, así como por el impacto que estas generan con la deposición de basura o desechos de origen diverso en el interior del bosque (Anexo 27).

### 7.5.1. Diámetro a la Altura del Pecho (DAP)

Los diámetros a la altura de pecho que fueron considerados en los muestreos oscilaron entre 2.5 cm a 9.9 cm, y aquellos que se encuentran con DAP mayor a 10 cm.

La vegetación cuyo DAP oscila entre los 2.5 a 9.9 cm representó un 58.04% (231 árboles) de la vegetación muestreada (4.93 cm de DAP promedio por zonas muestreadas); un 41.96% (167 árboles) de la vegetación, presentó un DAP de 10 cm o más (17.47 cm de DAP obtenido en promedio por zonas muestreadas); esto quiere decir que este bosque es un bosque joven o un bosque que se renueva constantemente (Cuadro 18).

En la parte Nororiente de este bosque se presentaron DAP de hasta 75 cm en árboles adultos, es decir, una circunferencia de 235 cm (2.35 m); una altura que osciló entre 15 y 18 m; sin embargo, las zonas 1 y 3 no presentan árboles con estas características de DAP; es posible que la adaptación de la *Avicennia germinans* en lugares con niveles de salinidad más bajos permita un mejor desarrollo en este tipo de mangle; esto es respaldado por González, L. et al 2016, quién menciona, que concentraciones altas de salinidad del suelo, restringe el crecimiento de la *Avicennia germinans*, ya que el exceso de sales trastorna el balance de iones de la solución del suelo, y los nutrientes están proporcionalmente menos disponibles. Expresa además, que existen efectos antagónicos entre el Na y K, entre Na y Ca, y entre el Mg y K; en mayores concentraciones de sales, pueden ser directamente toxicas para las plantas. Respecto a los iones Na y cloruros estos son muy dañinos, porque perturban el metabolismo del nitrógeno.

Comentario [N1]: corregido

Es en la parte NorEste donde la tala de este tipo de árboles se da para expandir la caña de azúcar o la ganadería.

Cuadro 18. Porcentajes de árboles existentes en las zonas de muestreo con DAP de 2.5 a 9.9 cm y DAP mayor a 10 cm

Total de árboles cuantificados en 3 zonas de muestreo	Porcentaje de árboles cuantificados con DAP de 2.5 - 9.9 cm y mayor a 10 cm	
	2.5 - 9.9 cm	Mayor a 10 cm
398	58.04% (231)	41.96% (167)

Tomando en cuenta los resultados del Inventario Nacional de Bosque (INB) realizado por el MARN, el DAP promedio para los árboles con diámetro  $\geq$  a 10 cm fue de 18.9 cm; mientras que para los árboles con DAP de 2.5 a 9.9 cm fue de 4.3 cm. (MARN 2018).

Es de hacer notar que, en la zona de muestreo, considerada en esta investigación, los DAP encontrados, tienden a ser similares con los obtenidos por el INB; por ejemplo, con el DAP  $\geq$  a 10 cm, el promedio de este diámetro se encontró en 17.5 cm. (1.4 cm menor que el INB); mientras que en los que oscilan entre 2.5 y 9.9 cm. fue de 4.93 (levemente mayor al INB).

#### **7.5.2. Especies predominantes en las zonas de muestreo**

Desde el punto de vista de especies, la que predominó por completo (100%) en todas las zonas de muestreo es la *Avicennia germinans* (Mangle negro), esto puede deberse a que esta se caracteriza por presentar tolerancia a estados drásticos de salinidad; tal como sucede en algunos manglares de Yucatán, México, en donde es característico el bosque de *Avicennia*. Durante la época seca, los efluentes de agua dulce están determinados por las precipitaciones, de manera que los sedimentos son hipersalinos y con baja concentración de nutrientes, estas condiciones hacen que algunas zonas se caractericen por presentar una sola especie, características de un bosque monoespecífico (Jiménez 2004).

Lo mismo sucede en el manglar de La Mancha, en Veracruz, México, en donde las superficies suaves (fangosas) dentro del manglar están dominadas por procesos acumulativos determinados por el influjo fluvial, siendo colonizados por *Avicennia germinans*; por el contrario, las superficies sólidas están expuestas a procesos acumulativos y erosivos en sus bordes externos, pudiendo existir en estos *Rizophora mangle*, mientras que en la parte posterior de estos puede haber presencia de bosque monoespecífico y mixto con dominancia de *Avicennia germinans* (Hernández Trejo (2009) y Martínez et al. (2012)).

Cada una de las especies de manglar poseen requerimientos en cuanto a valores de salinidad y sitio de la franja costera para su desarrollo óptimo (Reese 2009), esta puede ser una de las causas del porque en las zonas de muestreo en Barra Salada existe una dominancia de *Avicennia germinans*.



Es de hacer notar, sin embargo, que de acuerdo a los resultados del Informe nacional de bosque (INB), la cantidad de especies identificadas en las zonas de muestreo en un área estimada de 1 ha. fue de 2 especies en árboles con  $DAP \geq 10$  cm y de 3 especies en árboles con  $DAP \leq 10$  cm. (MARN 2018); contrario a lo identificado en esta investigación, en donde solamente se encontró la *Avicennia germinans* para ambos rangos de DAP.

Las especies identificadas en el INB son *Avicennia germinans*, *Laguncularia racemosa* y *Rhizophora mangle*.

#### **7.5.3. Altura de los árboles muestreados en las zonas de muestreo**

La medición de altura en los árboles muestreados, se clasificó de acuerdo a aquellos que presentaron un DAP entre 2.5 - 9.9 cm y aquellos con un DAP mayor a 10 cm.; los resultados promedios de altura fueron de 3.8 mts y 8.36 metros de altura respectivamente, por el total de árboles muestreados en las tres zonas.

De acuerdo a los resultados obtenidos por el Inventario Nacional de Bosque (INB), la altura promedio por árbol, obtenida por ha. fue de 12.6 metros para los árboles con  $DAP \geq 10$  cm; mientras que para los árboles que presentaron  $DAP \leq 10$  cm la altura promedio por hectárea fue de 5.4 metros (MARN 2018).

#### **7.5.4. Densidad de árboles de mangle muestreados**

La densidad de árboles de mangle por el total de zonas muestreadas (3) fue de 398 árboles, de los cuales el 58.04% (231) y 41.96% (167) corresponden al total de árboles con DAP de 2.5 a 9.9 cm y DAP de más de 10 cm. respectivamente.

De acuerdo a los resultados del INB, la cantidad de árboles por hectárea correspondió a 296, árboles con  $DAP \geq 10$  cm; mientras que los que presentaron  $DAP \leq 10$  cm la cantidad de árboles encontrada fue de 3,209 unidades (MARN 2018).

#### **7.5.5. Índice de Complejidad de Holdridge (ICH)**

El Índice de Complejidad de Holdridge (ICH) representa una descripción cuantitativa de la complejidad estructural de la vegetación, permitiendo realizar comparaciones entre comunidades ubicadas en diferentes puntos geográficos. Para determinar el ICH en Barra

Salada se consideraron árboles con DAP que oscilaron entre 2.5 a 9.9 cm y DAP de 10 cm en adelante. Los árboles que presentan el primer rango de medidas corresponden a árboles jóvenes, en crecimiento; los del segundo rango de medida se consideran árboles en fase de madurez y adultos.

De acuerdo a los resultados obtenidos se concluye que el ICH en 0.1 ha. (correspondiente a la suma total de cada una de las unidades de muestreo) corresponde a 0.094, estos resultados indican que este bosque presenta un ICH muy bajo, es decir, existe poca complejidad estructural, baja diversidad florística, específicamente en los bordes de los terrenos que están con bosques deteriorados o no cuentan con ellos en su interior. Se entiende además que en estos terrenos existe un bajo número de árboles, el desarrollo fisiológico es bajo y el número de especies encontradas en las zonas de muestreo es mínimo (Cuadro 18; Anexos 8, 9, 10 y 11).

Las características físico químicas del agua y suelo en el estero, el comportamiento climático, las mareas, plagas y enfermedades en el bosque de manglar, factores antrópicos, entre otros, son posibles causas que pueden incidir negativamente en la complejidad estructural de un bosque.

En las zonas de muestreo fueron identificados únicamente árboles de *Avicennia germinans* (Figura 14), árboles de otras especies no se identificaron en las unidades de muestreo, probablemente por la falta de agua de los ríos en época seca, que impiden una reducción en la concentración de sal en las aguas provenientes del océano y que se encuentran en el estero, esta falta de dilución eleva las concentraciones de sal en el agua, al punto que no es factible que estas puedan ser toleradas por árboles que no sean *Avicennias*.

Este tipo de comportamiento también se ha reflejado en el manglar El Conchalito, en Baja California, México, en donde una población de *Avicennia germinans* presenta un ICH de 0.18, es decir, un índice bajo (González Zamorano 2002).

La poca complejidad estructural puede estar determinada a presencia de árboles jóvenes de *Avicennia germinans*, que se han desarrollado en la medida las condiciones de salinidad y los niveles de agua se encuentran en condiciones normales, es decir, que la salinidad no sube o baja drásticamente por largos periodos. La *Avicennia germinans* no tolera largos periodos de inundación, ya que, al cubrirse los neumatóforos, evita que estos lleven a cabo los procesos fisiológicos de la planta, en específico la respiración, factor que puede llevarlos a la muerte (González 2016).

Según Jiménez R. (1984), la *Avicennia germinans* en algunas regiones del Pacífico seco de Costa Rica no alcanza alturas mayores de 15 m, excepto en sitios con abundante escorrentía, donde ha llegado a alcanzar hasta 22 m de altura y un DAP de 70 cm; y en lugares con salinidades muy altas es frecuente encontrar ejemplares enanos; estas características pueden ser causas que inciden en el ICH o índice de complejidad estructural.

Este tipo de mangle (*Avicennia germinans*) crece mejor en el interior del manglar, lejos de los bordes del estero o los canales, en zonas ligeramente más elevadas donde el flujo de la marea es menos aparente con corto tiempo de inundación. Esta es la especie con mayor tolerancia a condiciones de salinidad, de 40‰ hasta 100‰, debido a la capacidad de secretar los excesos de sal por sus hojas, esto evidencia que en los terrenos donde aumentan los niveles de salinidad, es seguro que el tipo de mangle que sustituirá a la especie residente será la *Avicennia germinans* (González 2016).

Un ICH bajo se ha presentado en los manglares de El Mogote y Florida, en el estado de Baja California Sur, en México, cuyo índice fue de 0.17 y 1.50, respectivamente, un valor muy bajo, que es determinado por la altura de la vegetación muestreada, que osciló entre 1 – 2 m. una densidad entre 48 - 300 individuos por hectárea, un número de especies identificadas de 3 especies (*Avicennia germinans*, *Rizophora mangle* y *Rizophora racemosa*) a solo encontrar 1 de ellas (*Avicennia germinans*) en algunas zonas del manglar; y un área basal de 0.57 - 0.6 m<sup>2</sup>/0.1 ha., respectivamente para ambos manglares (Zamorano 2002).

En bosques de manglar de Chiapas y Oaxaca, en México, se han calculado valores de ICH de 11.11 y 8.86, caracterizándose por ser bosques monoespecíficos, presentando una altura promedio de 8.77 y 16.93 m, respectivamente, una población de 300 plantas muestreadas por ha. por cada manglar. En estos bosques también se encontraron ICH que oscilaron en 99.46, valores que estaban determinados por la presencia de 300 individuos en la unidad de muestreo, una altura promedio de 3.18 m del rodal, presencia de 3 especies y un área basal de 72.76 m<sup>2</sup>/ha.; el ICH determina que este bosque presenta una complejidad estructural con buen desarrollo, caracterizado por la existencia de diversidad florística, entre otros aspectos.

Cuadro 19. Índice de Complejidad de Holdrige o Estructural en las zonas muestreadas dentro del bosque de manglar.

Muestreo No.	Zona 1		Zona 2		Zona 3	
	Fecha de muestreo 21/03/2018		Fecha de muestreo 04/03/18		Fecha de muestreo 24/03/2019	
	ICH >10 cm	ICH >2.5 cm	ICH >2.5 cm	ICH >10 cm	ICH >2.5 cm	ICH >10 cm
1	0.00104	0.0	1.70E-05	1.94E-03	0.00012	0.00140
2	0.00393	0	1.24E-05	1.78E-03	0.00006	0.00152
3	0.00042	0.00018	8.62E-05	1.58E-03	0.00007	0.00141
4	0.00292	0	8.11E-05	1.73E-03	0.00008	0.00158
5	0.00051	0.00006	2.10E-04	0	0.00017	0.00117
6	0.00022	0.00015	1.11E-04	2.75E-04	0.00026	0.00016
7	0.00003	0.00020	5.07E-05	3.48E-03	0.00001	0.00295
8	0.00000	0.02992	2.53E-05	5.23E-03	0.00022	0.00109
9	0	0.00221	0.00140988	0.009238127	0.00001	0.00529
10	0	0.00232	2.1125E-05	0.003447462	0.00003	0.00113
<b>ICH</b>	<b>0.00906</b>	<b>0.03503</b>	<b>2.03E-03</b>	<b>2.87E-02</b>	<b>0.00104</b>	<b>0.01770</b>

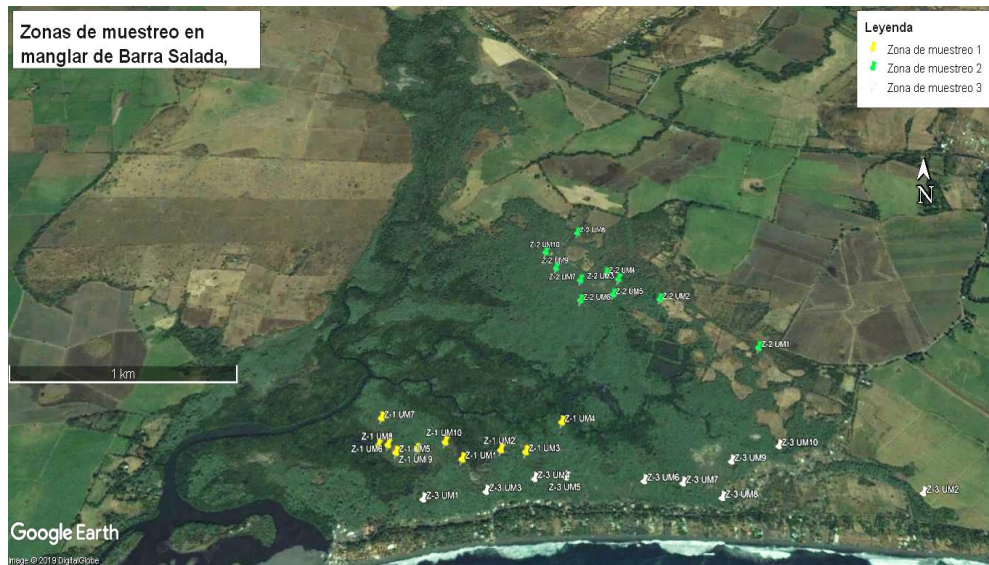
El Índice de Complejidad de Holdrige (ICH) por todas las Unidades de muestreo (UM) (que presentaron árboles con Diámetro a la Altura del Pecho (DAP) de 2.5 a 9.9 cm. y de 10 cm. en adelante) es de 0.094.

Figura 14. Ubicación de las Unidades de Muestreo de árboles de mangle en las tres zonas dentro del manglar.

### 7.5.6. Restauración de manglares

La recuperación de manglares es un proceso que puede hacerse a través de un conjunto de métodos, sin embargo, en muchos países tropicales, en los que han sido diezmados los bosques, se ha implementado una herramienta conocida como la Restauración Ecológica de Manglares (REM), la cual es una opción de recuperación de bosques de manglar que tiene como principal acción el incrementar la función hidrológica, a través de la apertura de canales, con lo que se fomenta el aumento e intercambio de agua, promoviendo la oxigenación, la dilución de sal y la remoción de productos generados por la descomposición orgánica (sulfuros, metano, otras), disminución de la temperatura y aumento en el tiempo de residencia del agua, para minimizar el estrés y favorecer el crecimiento de las plántulas (Hernández 2011).

Este tipo de métodos son una opción para restaurar las diferentes áreas que han perdido



árboles de mangle en Barra Salada, esto es afirmado por referentes de dicha zona quienes al

hacer este tipo de restauración han logrado el ingreso de mayores flujos de agua en los canales, siendo a la vez una potencial solución para evitar el taponamiento de la bocana.

#### **7.5.7. Identificación y caracterización de la zona más afectada en el manglar de Barra Salada**

A través del uso de Orthofotos de los años 1954 y 1978, y de una imagen satelital del año 2018, se logró hacer un acercamiento cuantitativo sobre la cantidad de bosque que ha existido desde 1954 a la fecha, además de la pérdida del mismo entre los referidos años.

##### **7.5.7.1. Área boscosa existente en los años 1954, 1978 y 2018**

A través de la revisión de las Ortofotos, las observaciones realizadas en los recorridos de campo, entrevistas con los lugareños y revisión de imágenes satelitales, se ha logrado concluir lo siguiente: a) el área que formaba parte del bosque de Barra Salada, en su totalidad, para el año 1954, era de 648.38 has. (Figura 15); b) para el año 1978 se cuantificó un área total para el bosque salado de 484.20 has. (Figura 16); y, c) en el año 2018, se cuantifica finalmente un área total de 414.4 has. (Figura 17). Son 64 años en los que se logra ver un cambio gradual en la cobertura forestal de este bosque.

Tomando como base el año 1954, se determina que el área total de este bosque comprendía vegetación en transición, bosque de manglar puro y denso, áreas de bosque de manglar poco denso, salares, zonas sin manglar (en el interior del bosque), embarcaderos y el cauce principal del Estero.

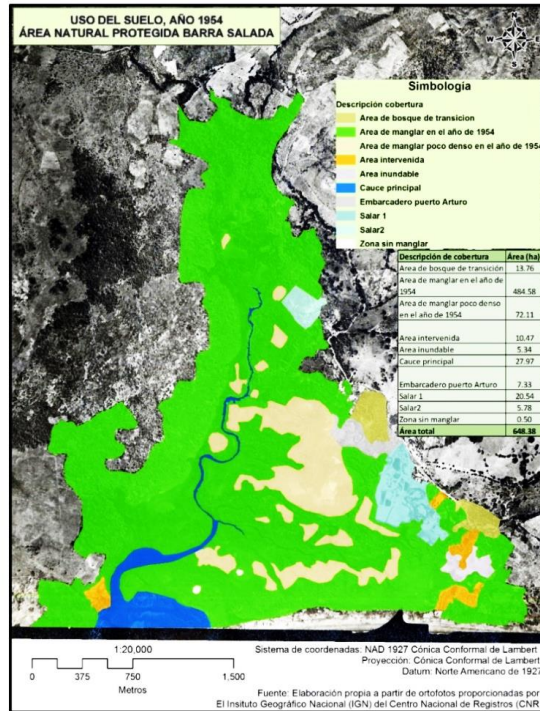


Figura 15. Uso del suelo y su impacto en la degradación del bosque de manglar de Barra Salada, según Ortofoto de 1954.

Es para el año 1978, que esta área presenta algunos impactos, entre los que destacan un pequeño asentamiento de lo que ahora es la comunidad de Barra Salada, la construcción de viviendas en las orillas del bosque, el aumento de zonas sin vegetación de árboles de mangle (interior del bosque), bosque recuperado naturalmente en las zonas de salar; sin embargo, lo que más impacta es la desaparición de 164.18 ha del bosque de manglar por intervención. Entre los principales factores que han incidido en la reducción del bosque ha sido la tala para el crecimiento de la producción agrícola y ganadera. La expansión del cultivo de la caña de azúcar (*Saccharum officinarum*) ha sido una como una las principales causas de deforestación en la zona Poniente del bosque, mientras que en la zona Oriente ha sido la tala para expandir el cultivo de maíz (*Zea mays*), la caña de azúcar y la ganadería; la parte Norte del bosque se puede considerar como potencial causa de deforestación la expansión de la caña de azúcar (Figura 16).

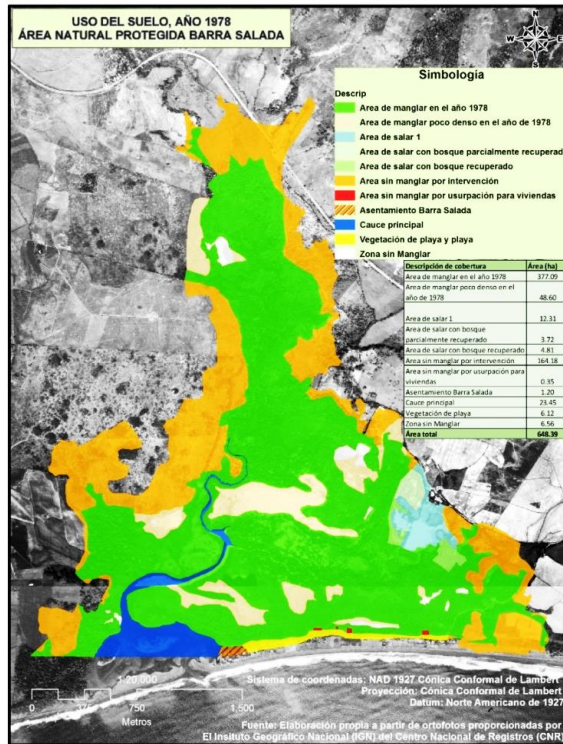


Figura 16. Uso del suelo y su impacto en la degradación del bosque de manglar de Barra Salada, según Ortofoto de 1978.

En la imagen satelital del 2018 (Figura 17), se observa que los principales factores que han incidido en la reducción del bosque de manglar de Barra Salada han sido la usurpación de terrenos para la construcción de viviendas, ya que de 1978 al 2018 son 12.66 has. las que han sido utilizadas para la construcción de estas; destaca igualmente, la extracción de arena-lodo (0.032 ha.), la cual es utilizada para la construcción, haciendo rellenos para plataformas en las que se van a construir las viviendas dentro del manglar.



Figura 17. Uso del suelo y su impacto en la degradación del bosque de Manglar de Barra Salada (Fuente: imagen de GOOGLE EARTH 2018).



Otro de los factores que se han visto en las imágenes son la pérdida de bosque por la muerte de árboles de mangle, posiblemente por factores físico químicos del agua, la salinidad intersticial, aumento del nivel del agua por largos periodos de tiempo y la sedimentación; estos comportamientos, al tomar como referencia la imagen satelital del 2018, es mayor que lo observado en la ortofoto de 1954, y muy similar al área que se encuentra con estas características en la ortofoto del 1978 (Figura 15, 16 y 17).

En la Figura 18, se observa cómo se ha reducido el bosque de manglar entre los años 1954, 1978 y 2018. Para el año 2018 se toma como línea de referencia del bosque de manglar, la delimitación facilitada por el MARN, la cual ha sido definida en campo por el proyecto DAI.

En base a lo anterior, podemos considerar que dentro del área total de bosque Barra Salada, en los años analizados, existen un conjunto de factores que reducen la cobertura boscosa de este, caracterizándose la misma en el Cuadro 20.



Cuadro 20. Áreas boscosas en Barra Salada, áreas sin manglar y área territorial total de Barra Salada.

Cobertura 1954		Cobertura 1978		Cobertura 2018	
Descripción de cobertura	Área (ha.)	Descripción de cobertura	Área (ha.)	Descripción de cobertura	Área (ha.)
Área de bosque en manglar para el año 1954	484.58	Área de bosque en manglar para el año 1978	378.68	Área de bosque en manglar para el año 2018	359.96
Área de bosque de transición	13.76				
Área de manglar poco denso en el año de 1954	72.11	Área de manglar poco denso en el año de 1978	48.60	Área de manglar poco denso	13.96
Salar 1	20.54	Área de salar 1	12.31	Salar 1	2.2
Salar 2	5.78				
		Área de salar con bosque parcialmente recuperado	3.72		
		Área de salar con bosque recuperado	4.81		
		Área sin manglar por usurpación para viviendas	0.35	Usurpación de manglar por viviendas	13.01
Zona sin manglar	0.50	Zona sin Manglar	6.56	Zona sin manglar	3.22
Área intervenida	10.47				
		Área sin manglar por intervención	164.18	Zona sin manglar/por intervención	22.01
Área inundable	5.34				
Embarcadero puerto Arturo	7.33				
		Asentamiento Barra Salada	1.20		
				Zona de extracción de tierra de manglar	0.032
<b>Área total</b>	<b>620.41</b>	<b>Área total</b>	<b>620.41</b>	<b>Área total</b>	<b>414.4</b>

Figura 18. Evolución del uso del suelo en el manglar de Barra Salada en los años 1954, 1978 y 2018, según Ortofoto de 1954 (Fuente: CNR, Proyecto USAID/IMCCW/DAI (Development Alternative Incorporated)).

La degradación de los bosques de manglar en Barra Salada no es singular; para el caso, de la

Bahía de Jiquilisco (Salinas de Sisiguayo, Puerto Parada, Estero Cuche de Monte), en el departamento de Usulután, se ha sustituido el manglar para establecer camaronerías, asentamientos informales y salineras; igualmente sucede en el Estero de Jaltepeque

(Guadalupe La Zorra y La Colorada), donde se ha sustituido el bosque para establecer la industria camaronera (MARN 2014).

De acuerdo al Inventario Nacional de Bosques de El Salvador, el MARN menciona que no existe una delimitación exhaustiva catastral de los bosques de manglar, “se asume que donde hay bosque salado es propiedad del Estado” (MARN 2018), ésta aseveración es un riesgo, ya que los niveles de tala en estas zonas hacen que estos bosques desaparezcan, eliminando la evidencia de que en ese espacio existió un bosque de manglar; sin bosque no se puede decir que estas áreas eran de manglar y por ello son del Estado.

#### **7.6. Lineamientos estratégicos para contribuir a la restauración del manglar de Barra Salada**

Entre los posibles problemas que impactan en el buen desarrollo del bosque de manglar de Barra Salada, están un conjunto de acciones que podrían ser impulsadas si existiera coordinación interinstitucional, principalmente de los que buscan la sostenibilidad del suelo, agua y bosque.

Los manglares están siendo diezmados por el mal manejo de las cuencas hidrográficas y los principales responsables, por mandato de ley, de garantizar un buen manejo de los recursos naturales son el Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG), el Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales (MARN) y las municipalidades.

Actualmente el MAG, MARN, el Ministerio de Salud (MINSAL) y las municipalidades, cuentan con un conjunto de herramientas legales con las cuales se pueden lograr avances en la protección de los recursos naturales. El MAG cuenta con la Ley Forestal y la Ley de Riego y Avenamiento; el MARN cuenta con la Ley de Medio Ambiente, Ley de Áreas Naturales Protegidas, Ley de Conservación de Vida Silvestre, el Reglamento Especial de Aguas Residuales, entre otras. Las municipalidades tienen la capacidad de elaborar e implementar Ordenanzas, que enmarcadas en las leyes de primer orden, pueden desarrollar mecanismos para la protección de los recursos; lo anterior se complementa con la

existencia de una Ley de Ordenamiento territorial. Tomando en cuenta que el cambio climático en un fenómeno que se encuentra presente en el territorio, se vuelve oportuno retomar las herramientas legales con las que logren el desarrollo sostenible de los territorios que están relacionados con el manglar de Barra Salada.

Viendo la necesidad de implementar acciones de corto, mediano y largo plazo, es conveniente tomar en cuenta los siguientes lineamientos a fin de contribuir en la restauración del bosque de manglar de Barra Salada:

Lineamiento 1. Desarrollar un proceso participativo que promueva el análisis para la implementación de acciones que lleven a la restauración y conservación de los recursos naturales, desde la parte alta de la cuenca a la parte baja de la misma.

Lineamiento 2. Desarrollar un proceso de educación ambiental formal e informal, a través del cual se promueva la protección y conservación de los recursos suelo, bosque y agua.

Lineamiento 3. Fomentar el uso y aprovechamiento de los recursos existentes de manera sostenible.

Lineamiento 4. Generar el desarrollo de proyectos de desarrollo agropecuario y pesquero, acompañados de buenas prácticas agropecuarias, con las que se logren producciones sostenibles y rentables de corto y mediano plazo.

Lineamiento 5. Promover el monitoreo e investigación a través de una coordinación interinstitucional y comunitaria, a fin de evaluar el estado y manejo de los recursos naturales.

Lineamiento 6. Promover y desarrollar la gobernanza ambiental en el territorio, mecanismo que buscará fortalecer el rol de las municipalidades y garantizar una mayor participación

institucional (MARN, MAG, MINED, MINSAL, jueces ambientales, entre otros) para promover la protección y conservación de los recursos naturales.

## **VIII. CONCLUSIONES**

Existen factores biofísicos y antrópicos que están incidiendo en la destrucción del ecosistema de manglar de Barra Salada, entre los que destacan, la deforestación en la zona alta y media de la cuenca; la expansión agropecuaria y viviendas en el interior del manglar; la tala para leña o madera y el taponamiento de la bocana, que genera cambios en los patrones físico y químicos de las condiciones en las que se desarrollan las diferentes especies de mangle.

Cuisnahuat es el municipio que presenta condiciones biofísicas que inciden en el deterioro del manglar; pendientes de 30% hasta mayores a 70% y sus niveles de deforestación, principalmente por el desarrollo de agricultura de granos básicos, que generan erosión y baja recarga hídrica; una densidad poblacional de 244 habitantes/km<sup>2</sup> continuará demandando recursos naturales, generando impacto en la calidad y cantidad de bienes y servicios ambientales que naturalmente han sido destinados al bosque salado. En el caso de Sonsonate, la cercanía de sus comunidades y cooperativas con el bosque, hacen que el factor antrópico promueva la degradación, principalmente por tala y usurpaciones de terrenos en el interior del bosque.

La erosión del suelo proveniente de las zonas altas y medias de la cuenca Mandinga, están cambiando la estructura y textura de los suelos en el Estero de Barra Salada, principalmente en las zonas donde ingresan los ríos Mandinga y Pululuya, ocasionando el azolvamiento de los canales, lo cual no permite el ingreso de los flujos de agua en las partes internas del bosque.

El taponamiento de la bocana de Barra Salada está generando variación en los niveles de salinización en las aguas del estero, por periodos largos, lo que genera disminuciones (0.15-0.45 ‰) o aumentos extremos de sal (30-33 ‰) que inciden en la salud o muerte de las especies de manglar; a esto se suman, los incrementos o descensos de temperatura del agua; se generan inundaciones prolongadas (hasta 6 meses continuos) en Barra Salada, elevando significativamente (hasta 50 cm de altura) los niveles de agua sobre el suelo; esto hace que los neumatóforos en la *Avicennia germinans* se cubran y no logren llevar a cabo los procesos fisiológicos de la planta, en específico la respiración.

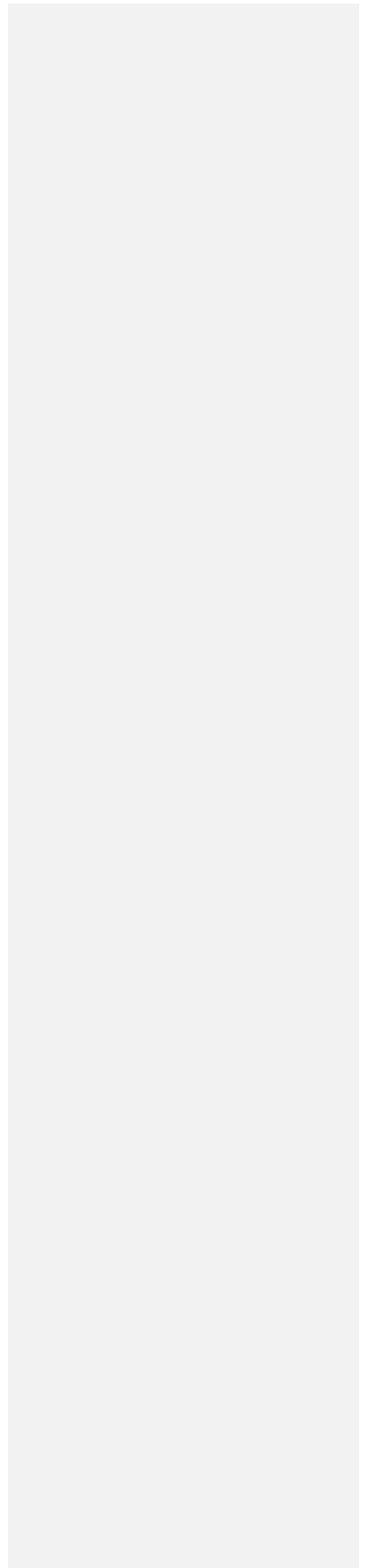
Según el Índice de Complejidad de Holdridge (ICH), los valores obtenidos son muy bajos (0.94), característico de los bosques que no están bien desarrollados o se encuentran en condiciones de deterioro.

En los contornos de la zona degradada del manglar de Barra Salada predominan los árboles de mangle negro (*Avicennia germinans*), de los cuales el 63.11% es de bosque juvenil (DAP 2.5 a 9.9 cm) y el 36.89% es bosque maduro (mayor a 10 cm de DAP).

La falta de Guarda Recursos o Guarda Parques en el bosque de manglar de Barra Salada, facilita la tala indiscriminada y la expansión agropecuaria.

Hasta el año de este estudio, se han usurpado 13.1 hectáreas de terrenos del bosque de manglar de Barra Salada para construir viviendas por los pobladores locales, lo que representa 11.55 hectáreas más que las que fueron usurpadas en 1978, lo cual demuestra que las usurpaciones pueden continuar si no se toman las medidas correspondientes.

La usurpación de áreas de terreno en la parte Nororiente del bosque de Barra Salada principalmente por la ganadería (22.01 ha.), está generando que los límites del Área Natural Protegida se vayan reduciendo por el establecimiento de pasturas para alimentación del ganado y por la posterior venta de estos terrenos para el establecimiento de caña de azúcar.



## **IX. RECOMENDACIONES**

Apoyar y fortalecer financiera y técnicamente a las organizaciones comunitarias del caserío de Barra Salada que están realizando acciones de poda del manglar y de desazolvamiento de los canales, para que exista mayor flujo de agua hacia el interior del estero, para lograr un impacto permanente y sostenible.

Organizar una plataforma multiactores coordinada por el MARN e integrada por actores locales como las comunidades, municipalidades de Sonsonate y Cuisnahuat, Organizaciones No Gubernamentales, MAG, MINSAL, empresa privada, entre otros, a fin de desarrollar un plan operativo para implementar acciones de protección y conservación de las zonas alta y media de la cuenca del río Mandinga.

Generar herramientas como Ordenanzas, reglamentos, como mecanismo para que las municipalidades, instituciones estatales y comunidades promuevan el manejo sostenible y la gobernanza hídrica de las cuencas, del Área Natural Protegida y de los recursos naturales en general.

Desarrollar programas de sensibilización y formación para las comunidades y organizaciones locales que se encuentran en los municipios que forman parte de la cuenca Mandinga, orientados a la implementación de acciones para el manejo sostenible de los recursos naturales.

Implementar estudios orientados a promover la recarga hídrica en la cuenca (cualificación y cuantificación), con el fin de definir áreas de protección en la cuenca, que sean garantía para el abastecimiento de nacimientos de agua.

Las áreas de terreno destinadas para la producción de la agricultura familiar deben ser manejadas con una visión sostenible que permita la diversificación productiva, mejorar la rentabilidad local, promover la recarga hídrica, evitar la erosión y la escorrentía.



Desarrollar e implementar planes y campañas de incidencia ante las autoridades locales, municipalidades, regionales (microrregión) y nacionales (ministerios e instituciones estatales) para el cumplimiento del marco legal en materia ambiental, ordenamiento territorial, reducción y prevención de la contaminación, mitigación, prevención y gestión comunitaria del riesgo.

Promover la investigación orientada a identificar los beneficios ambientales, sociales y económicos que se obtienen al realizar acciones de protección y conservación de los recursos naturales.

Capacitar y transmitir el conocimiento científico a los pobladores de las comunidades aledañas al manglar para fortalecer los mecanismos de conservación y restauración.

Hacer un monitoreo mensual sobre las concentraciones de sal en las aguas que inundan el bosque de manglar de Barra Salada, tomando en cuenta los caudales en los ríos que drenan al bosque, el taponamiento de la bocana y las precipitaciones, para determinar la relación entre estos factores y la concentración salina del agua.

Caracterizar y definir el patrón de distribución florística del manglar de Barra Salada.

Diseñar e implementar un sistema de Monitoreo de Manglares, con parcelas permanentes de muestreo y cartografía digital para observar futuros cambios en el desarrollo estructural y cobertura de este sitio y de otros manglares del país.

Complementar la información del bosque de manglar de Barra Salada con otros estudios como los análisis de salinidad intersticial y la cuantificación de carbono en el suelo.

Analizar la composición de los suelos en las diferentes zonas del manglar a fin de determinar su origen.

Realizar un estudio hidrológico en los canales del manglar para evaluar la posibilidad de implementar proyectos REM, como mecanismo para contribuir en la recuperación de las zonas degradadas del manglar.

Identificar los puntos de extracción de madera de mangle que son utilizados por taladores e implementar un mecanismo de protección del manglar.

Identificar los puntos de comercialización de la madera de mangle que es extraída del manglar de Barra Salada por parte de los taladores, a fin de conocer la red de comercialización de recursos protegidos por el Estado.

## X. BIBLIOGRAFÍA

Alas, L. 2014. Complejo Barra de Santiago es nuevo sitio RAMSAR de El Salvador (en línea). Consultado: 23 de Mayo de 2017. Disponible en <https://www.elsalvador.com/noticias/nacional/131600/complejo-barra-de-santiago-es-nuevo-sitio-ramsar-de-el-salvador/>

ANDA (Administración Nacional de Acueductos y Alcantarillados); COSUDE (Agencia Suiza para la Cooperación). Mapa hidrogeológico. Fuente: Mapas geológicos de El Salvador, Capas nacionales/MARN, cuadrante Sonsonate, Consultado: junio 2017. Disponible en: <http://www.anda.gob.sv/descargables/>

Baxter, S. 1984. Léxico estratigráfico de El Salvador, CEL, San Salvador.

Banco Interamericano de Desarrollo (BID). 2015. La gestión de las cuencas hidrográficas para asegurar los servicios ecosistémicos en las laderas del neotrópico. Earl S. Tupper Center, Ciudad de Panamá, Panamá. Consultado: Enero 2019; Disponible en: <https://stri.si.edu/sites/default/files/gestion-cuencas-hidrograficas-asegurar-servicios-ecosistemicos-laderas-neotropico.pdf>

Banco Mundial (BM). 2007. República de El Salvador Análisis Ambiental de País Mejorando la Gestión Ambiental para Abordar la Liberalización Comercial y la Expansión de Infraestructura. Departamento para el Desarrollo Ambiental y Socialmente Sostenible Región de América Latina y el Caribe. Informe No. 35226 – SV. P. 2, 6-7. Consultado: Abril 2019. Disponible en: <http://siteresources.worldbank.org/INTELSALVADOR/INSPANISH/Resources/RESUMENEJECUTIVOCEA.pdf>

Butchart, S. 2005. Evaluación de los Ecosistemas del Milenio. World Resources Institute, Washington, DC. Consultado: noviembre 2017. Disponible en: [http://millenniumassessment.org/documents/MA\\_WetlandsandWater\\_Spanish.pdf](http://millenniumassessment.org/documents/MA_WetlandsandWater_Spanish.pdf)

CEPAL (Comisión Económica para América Latina y el Caribe, Chile). 2002. La contaminación de los ríos y sus efectos en las áreas costeras y el mar. División de Recursos Naturales e Infraestructura, serie 50. Consultado el 28 de enero de 2019. Disponible en: <https://archivo.cepal.org/pdfs/Waterguide/LCL1799S.PDF>

Chicas, F.; González, J.; Sayes, J. 2016. Composición florística y estructura del manglar de la Bahía de La Unión, El Salvador. Consultado en Junio 2017. Disponible en: <http://revistas.ues.edu.sv/index.php/comunicaciones/article/view/393/321>

CONABIO (Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, México). 2008. Manglares de México (en línea). Consultado el 2 de junio de 2017. Disponible en: [https://www.biodiversidad.gob.mx/ecosistemas/manglares2013/pdf/Manglares\\_de\\_Mexico\\_Extension\\_y\\_distribucion.pdf](https://www.biodiversidad.gob.mx/ecosistemas/manglares2013/pdf/Manglares_de_Mexico_Extension_y_distribucion.pdf)

CONABIO. (Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, México). 2008. Manglares de México Extensión y distribución. pdf. Consultado en Julio de 2017. Disponible en: [https://www.biodiversidad.gob.mx/ecosistemas/manglares2013/pdf/Manglares\\_de\\_Mexico\\_Extension\\_y\\_distribucion.pdf](https://www.biodiversidad.gob.mx/ecosistemas/manglares2013/pdf/Manglares_de_Mexico_Extension_y_distribucion.pdf)

CONABIO. (Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, México). 2015. Manglares - Biodiversidad Mexicana. Consultado en Julio de 2017. Disponible en: [https://www.biodiversidad.gob.mx/ecosistemas/manglares2013/pdf/manglares\\_mexico\\_2015.pdf](https://www.biodiversidad.gob.mx/ecosistemas/manglares2013/pdf/manglares_mexico_2015.pdf)

CONACYT (Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, El Salvador). 2009. Norma Salvadoreña Obligatoria: NSO.13.49.01:09 "Aguas Residuales Descargadas a un Cuerpo Receptor". Diario oficial de El Salvador, Tomo No. 382. Consultado el 26 de julio de 2018. Disponible en: <http://extwprlegs1.fao.org/docs/pdf/els87596.pdf>

Espinosa Llorens, M. del C. 2010. Análisis del comportamiento de los lixiviados generados en un vertedero de residuos sólidos municipales de la ciudad de la Habana (en línea). Rev. Int. Contaminación ambiental. vol.26 no.4. Consultado: 25 de enero de 2019. Disponible en: [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0188-49992010000400006](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0188-49992010000400006)  
<https://www.eweb.unex.es/eweb/edafo/FAO/Regosol.htm>

FIAES (Fondo de Inversión Ambiental de El Salvador); UCA (Universidad Centroamericana "José Simeón Cañas"). 2008. Determinación de la contaminación por plaguicidas en agua, suelo, sedimentos y camarones en los cantones Salinas del Potrero y Salinas de Sisiguayo en la Bahía de Jiquilisco (en línea).. Consultado el 8 de mayo 2017. Disponible en: [http://www.uca.edu.sv/investigacion/documentos/DocumentoUCA\\_FIAES.pdf](http://www.uca.edu.sv/investigacion/documentos/DocumentoUCA_FIAES.pdf)

GOES (Gobierno de El Salvador); PNUD (Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo, El Salvador). 1982. Plan Maestro de desarrollo y aprovechamiento de los recursos hídricos (PLAMDARH). GOES. San Salvador. 35-85 P.

González, H. 2016. Sobrevivencia y crecimiento de mangle negro (*Avicennia germinans* L.) en plantaciones reforestadas y regeneración natural. Consultado: Diciembre de 2018. Disponible en: <https://www.researchgate.net/publication/322690543>  
<https://studylib.es/doc/4941925/manglares>

Hernández, A. 2011. Estrategias de restauración de ecosistemas de manglar en México. Universidad Nacional de Colombia. Bogotá, Colombia. Consultado: octubre 2018. Disponible en: <https://core.ac.uk/download/pdf/48018075.pdf#page=107>

Hernández, C. 2014. Inventario del manglar y avance de la intrusión salina en el ejido Carrizal, municipio de Paraíso, Tabasco. El Colegio de la Frontera Sur. Chiapas, México. 2013. 1-36 P.

INIFAP (Instituto nacional de investigaciones forestales, agrícolas y pecuarias). 2010. La clasificación de FAO-WRB y los suelos del estado de México. 122 P. Consultado: febrero 2019. Disponible en: [www.inifap.gob.mx/circe/Documents/publime/Publicaciones%20FAO.pdf](http://www.inifap.gob.mx/circe/Documents/publime/Publicaciones%20FAO.pdf) suelos regosoles FAO

Jiménez R. 1984. Patrones regionales en la estructura y composición florística de los manglares de la Costa Pacífica de Costa Rica; Centro de Investigación en Ciencias del Mar y Limnología, Universidad de Costa Rica y museo Nacional, San José, Costa Rica. 1-13 P.

Jiménez, I., L. Sánchez-Mármol y N. Herrera. (2004). Inventario Nacional y Diagnóstico de los Humedales de El Salvador. MARN/AECI. San Salvador. El Salvador C.A. 2004. Pg. 187-192, 297.

Jiménez, A. 2012. Manglares. Consultado en Julio de 2017. Disponible en: <https://studylib.es/doc/4941925/manglares>

MAG (Ministerio de Agricultura y Ganadería). Conflicto de uso de suelo en la república de el salvador. 2010. Consultado: Enero 2017. Disponible en [www.mag.gob.sv](http://www.mag.gob.sv)

MAG (Ministerio de Agricultura y Ganadería). Clasificación de suelos por división política de El Salvador, C.A. 2012. Consultado: Enero 2017. Disponible en [www.mag.gob.sv](http://www.mag.gob.sv)

MAG (Ministerio de Agricultura y Ganadería). Uso actual del suelo de la Republica de El Salvador. 2013. Consultado: Enero 2017. Disponible en [www.mag.gob.sv](http://www.mag.gob.sv)

MARN (Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales, El Salvador). 2007. Proyecto “Servicios para restauración manejo y conservación de ecosistemas costeros en zonas prioritarias, Jiquilisco-Jaltepeque”. Vol. 2. Consultado: 28 de enero de 2014. Disponible en: <http://www.marn.gob.sv/publicaciones-biodiversidad/>

MARN (Ministerio de medio ambiente y Recursos naturales, El Salvador). 2012. Catalogo: de Mapa de zonas críticas prioritarias en humedales RAMSAR de El Salvador. MARN, San Salvador, P.4.

MARN (Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales, El Salvador). 2012: Ley de Áreas Naturales Protegidas. Serie: Legislación ambiental. San Salvador. El Salvador. 2013, 6, 8 P.

MARN (Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales, El Salvador). 2013. Sitios RAMSAR (en línea). Consultado 23 de mayo de 2017. Disponible en: <http://www.marn.gob.sv/sitios-RAMSAR/>

MARN (Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales, El Salvador). 2014. ATLAS; Diagnóstico de la degradación de los manglares y del funcionamiento de canales que drenan los manglares de Jiquilisco y Jaltepeque. MARN. San Salvador. El Salvador. 1-20 P.

MARN (Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales, El Salvador). 2016. Plan nacional de ordenamiento y desarrollo territorial (en línea). Consultado: 15 de octubre de 2018. Disponible en: <http://www.marn.gob.sv/descarga/plan-nacional-de-ordenamiento-y-desarrollo-territorial-2/>

MARN (Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales, El Salvador). 2017. Informe sobre la calidad del agua de los ríos de El Salvador (en línea). Consultado 13 de mayo de 2017. Disponible en: <http://www.marn.gob.sv/descargas/Documentos/2018/Informe%20de%20la%20calidad%20de%20agua%202018.pdf>

MARN (Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales, El Salvador). 2018. Convención Marco sobre el Cambio Climático (en línea). París. Francia. Consultado 15 de octubre de 2018. Disponible en: <http://www.marn.gob.sv/descarga/acuerdo-de-paris/?wpdmdl=30044>

MARN (Ministerio de medio ambiente y Recursos naturales, El Salvador). 2018. Catalogo: Mapa Nacional de Riesgo Ambiental. En el marco de nacional de prevención y contingencia ambiental. MARN, San Salvador, P 17, 38-42. Disponible en: <http://www.marn.gob.sv/descargas/Documentos/2018/Catalogo%20de%20Mapas%20de%20Riesgo.pdf>

MARN (Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales, El Salvador). 2018. Inventario Nacional de bosques de El Salvador. Consultado 6 de diciembre de 2018. Disponible en: <http://www.marn.gob.sv/publicaciones-biodiversidad/>

MARN (Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales, El Salvador). 2018. Programa Nacional REDD+ El Salvador (en línea). Consultado 15 de octubre de 2018. Disponible en: <http://www.marn.gob.sv/programa-nacional-redd-el-salvador/>

Martínez, M.; Vásquez, G.; López-Portillo, J; Psuty, N.; García, J. Siveira, T. Rodríguez, N. . 2012. Dinámica de un paisaje complejo en la costa de Veracruz. Consultado Julio 2017. Disponible en: [https://www.academia.edu/33750618/Dinámica\\_de\\_un\\_paisaje\\_complejo\\_en\\_la\\_costa\\_de\\_Veracruz](https://www.academia.edu/33750618/Dinámica_de_un_paisaje_complejo_en_la_costa_de_Veracruz).

Muñoz, H. 2015. Relación entre oxígeno disuelto, precipitación pluvial y temperatura: río Zahuapan, Tlaxcala, México. Rev. Tecnología y Ciencias del Agua, vol. VI, núm. 5. Consultado: 28 de enero de 2019. Disponible en: <http://www.scielo.org.mx/pdf/tca/v6n5/v6n5a5.pdf>

Olguín, E. 2007. Contaminación de manglares por hidrocarburos y estrategias de biorremediación, fitorremediación y restauración. Rev. Int. Contaminación Ambiental. Vol. 23, No. 3. Consultado: 28 de enero de 2019. Disponible en: [https://www.researchgate.net/publication/26575835\\_Contaminacion\\_de\\_manglares\\_por\\_hidrocarburos\\_y\\_estrategias\\_de\\_biorremediacion\\_fitorremediacion\\_y\\_restauracion](https://www.researchgate.net/publication/26575835_Contaminacion_de_manglares_por_hidrocarburos_y_estrategias_de_biorremediacion_fitorremediacion_y_restauracion)

Pérez Segovia, A. 2014. Influencia del régimen hídrico y de las condiciones geoquímicas sobre la comunidad y el flujo energético del meiobentos metazoario de los sedimentos intermareales y submareales de los Manglares de Tumbes (en línea). Consultado: 22 de enero 2019. Disponible en: [http://www.met.igp.gob.pe/proyectos/manglares/Alexander\\_Perez.pdf](http://www.met.igp.gob.pe/proyectos/manglares/Alexander_Perez.pdf)

PLAMDARH (Plan Maestro de Desarrollo y Aprovechamiento de los Recursos Hídricos, El Salvador). 1981. Recursos y demandas potenciales en la región E. GOES-PNUD. San Salvador. El Salvador. Documento básico No. 7. 1-13. P.

Pleítez, W; Córdova, R.; Quiñonez, L.; Vásquez., J.; Rodríguez, C. Huezo, M. 2009. Almanaque 262. Estado del Desarrollo Humano en los municipios de El Salvador 2009, AECID, FUNDAUNGO, PNUD y Subsecretaría de Desarrollo Territorial y Descentralización, San Salvador.

Reese, R. 2009. Restauración Ecológica de los manglares en la costa del Ecuador. Consultado 31 de Octubre de 2017. Disponible en: [http://www.rncalliance.org/WebRoot/rncalliance/Shops/rncalliance/4C12/FOC5/C677/9324/25/C0A8/D218/7C8F/Reese\\_Ronald.pdf](http://www.rncalliance.org/WebRoot/rncalliance/Shops/rncalliance/4C12/FOC5/C677/9324/25/C0A8/D218/7C8F/Reese_Ronald.pdf)

Tovilla C.; Estrada O., Pérez P., Montes C.. (2003). Estado actual del bosque de mangle en laguna de Mecoacán Tabasco. Implicaciones socioeconómicas del uso del recurso. Consultado: Enero 2017. P1-61. Disponible en: [file:///F:/tesis%20y%20horas%20sociales/BIBLIOGRAFIA%20Manglares/otra%20informaci%C3%B3n/03\\_0725\\_cap\\_23\\_estado\\_manglares\\_laguna\\_Mecoacan.pdf](file:///F:/tesis%20y%20horas%20sociales/BIBLIOGRAFIA%20Manglares/otra%20informaci%C3%B3n/03_0725_cap_23_estado_manglares_laguna_Mecoacan.pdf)

UN (Naciones Unidas, Estados Unidos). 2018. Objetivos de desarrollo sostenible (en línea). Nueva York. Estados Unidos. Consultado 15 de octubre de 2018. Disponible en: <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/biodiversity/>

Zamorano, P. 2002. Estructura y análisis espacial de la cobertura del manglar “El Conchalito”. Instituto Politécnico Nacional (IPC). Baja California Sur, México. Consultado: 10 de abril de 2018. Disponible en: <https://www.repositoriodigital.ipn.mx/handle/123456789/14652>

## XI. ANEXOS

**Anexo 1.** Longitud de ríos primarios, secundarios y terciarios en la cuenca Mandinga.

Cuenca	Río principal	Longitud (km)	Afluentes primarios	Longitud (km)	Afluentes secundarios	Longitud (km)
Mandinga	Mandinga	15.8	Quebrada El Muerto	3.5		
			Quebrada Ojos de Agua		Quebrada Las Iguanas	3.6
			Quebrada Seca o El Piojo	9		
	Pululuya	10	Río Los Dos Ríos	7	Quebrada Guascalía	2.6
			Quebrada El Palmar	4		

Fuente: Elaboración propia (2018).

**Anexo 2.** Matriz de registro de información en cada unidad de muestreo.

No.	Nombre de la especie	DAP (cm)	Altura Árbol (m)	Observaciones		
				Muerto/Seco	Enfermo	Tocón (menor de 1.30 m de altura)

Fuente: Elaboración propia.

**Anexo 3.** Acceso al agua para consumo en los municipios de Cuisnahuat y Sonsonate que forman parte de la cuenca del río Mandinga.

	Cañería dentro de la vivienda	Cañería fuera de la propiedad	Pozo dentro de la propiedad	Río, quebrada, ojo de agua o manantial	Total
	Familias	Familias	Familias	Familias	Familias
Cuisnahuat	873	230	680	580	2,363
Porcentaje	36.94	9.73	28.78	24.55	100
Sonsonate	687	83	259	54	1,083
Porcentaje	63.4	7.7	23.9	5.0	100



Total	1,560	313	939	634	3,446
Porcentaje	45.27	9.08	27.25	18.40	100

Fuente: Elaboración propia

**Anexo 4.** Número de viviendas, familias y habitantes en la cuenca Mandinga.

Municipio	Número de Vivienda	Número de Familias	Total de habitantes
Cuisnahuat	2,361	2,475	10,019
<b>Sub Total</b>	<b>2,361</b>	<b>2,475</b>	<b>10,019</b>
Sonsonate			
Comunidad El Achiotal	113	113	565
Comunidad Barra Salada	196	196	980
Ovelario, Caja de Agua, Vista Hermosa y Ojushtal	535	535	2,022
Palo Combo	196	196	980
Nuevo México	84	84	420
<b>Sub Total</b>	<b>1,124</b>	<b>1,124</b>	<b>4,967</b>
<b>Total</b>	<b>3,485</b>	<b>3,599</b>	<b>14,986</b>

Fuente: Diagnóstico Unidad de Salud de Cuisnahuat, ASSI UCSFI Salinas de Ayacachapa, Sonsonate.

**Anexo 5.** Principales actores presentes en la cuenca Mandinga.

INSTITUCIONES	INTERÉS DEL ACTOR	INFLUENCIA EN LA CUENCA MANDINGA
<b>ASOCIACIONES COMUNITARIAS</b>		
<p>Juntas y asociaciones comunitarias para el manejo del agua en municipio de Cuisnahuat</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>-Asociación de desarrollo comunal caserío las marías sector 2 (las flores)</li> <li>-Junta de agua caserío la codiciada</li> <li>-Junta de agua caserío los montes</li> <li>-Asociación desarrollo comunal</li> <li>-Caserío las marías sector 1</li> <li>-Comité de agua caserío el ojustal</li> <li>-Comité de agua el tular centro</li> <li>-Comité de agua caserío el tular sector cancha 2</li> <li>-Alcaldía municipal Cuisnahuat</li> <li>-Asociación desarrollo comunal laureles del sitio, cantón San Lucas, ADECLADES</li> <li>-Asociación de desarrollo comunal los laureles el sitio</li> </ul>	<p>Distribuir agua para consumo humano, gestionar el sistema de agua en las comunidades que pertenecen al municipio de Cuisnahuat y se encuentran en la cuenca Mandinga</p>	<p>Pueden ser actores que generen acciones para la protección de la cuenca con el fin de garantizar la sostenibilidad del recurso hídrico. Pueden ser gestores en la comunidad con otros actores a fin de coordinar buenas obras en las zonas de recarga a través de la metodología de pago por servicios ambientales (PSA).</p>
<p>Juntas y asociaciones comunitarias para el manejo del agua en municipio de Sonsonate</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>-Asociación desarrollo comunal brisas mandinga sector la iglesia</li> <li>-Comité de agua caserío ovelario</li> <li>-Asociación de desarrollo comunal media luna, presidio centro</li> <li>-Asociación de desarrollo comunal media luna, caserío media luna sector cancha</li> <li>-Asociación de desarrollo comunal media luna caserío media luna sector centro</li> </ul>	<p>Distribuir agua para consumo humano, gestionar el sistema de agua en las comunidades que pertenecen al municipio de Sonsonate y se encuentran en la cuenca Mandinga</p>	

INSTITUCIONES	INTERÉS DEL ACTOR	INFLUENCIA EN LA CUENCA MANDINGA
-Asociación desarrollo comunal los tres tumbos, barra salada -Comité de agua caserío el achotal -Asociación comunal lotificación las brisas ADESCOLI -Comité de agua caserío caja de agua		
Asoc. Coop. de la Ref. Agraria "PALO COMBO" Chiquihuat SONSONATE	Dedicadas a la producción agropecuaria de forma organizada en la que se integran 69 socios.	Estos hacen uso de agua para riego durante la época seca, sin embargo, el agua que obtienen es del río Chiquihuat, el cual es de la cuenca del río Banderas. El acceso al agua depende en gran medida de los acuerdos entre cooperativas de regantes que se encuentran fuera de la cuenca Mandinga, que son coordinados por el juez de agua municipal de Sonsonate y la Dirección general de cuencas y riegos del Ministerio de agricultura y ganadería (MAG).
Otras Cooperativas en la zona baja de la cuenca	Producción de caña de azúcar	Extienden su zona de producción de caña de azúcar en la parte baja de la cuenca, principalmente. En los alrededores del bosque de manglar de Barra Salada se observan extensas plantaciones. Normalmente el comportamiento de esta expansión ha traído como resultado la tala de manglares con el fin de habilitar zonas en las que se pueda sembrar este cultivo.
Ganaderos	Fomentar la actividad económica familiar a través de la crianza y desarrollo de ganado de leche o doble propósito.	Están usurpando áreas del Estado que a la vez son parte del bosque de manglar de Barra Salada, cambiando el uso de suelo, reduciendo el bosque de manglar para que el ganado aproveche nuevas áreas de pastizales.
Iglesia	Promover la espiritualidad y paz entre sus fieles.	Apoyar el crecimiento turístico a través de la realización de festividades religiosas (Santos patronos).

INSTITUCIONES	INTERÉS DEL ACTOR	INFLUENCIA EN LA CUENCA MANDINGA
Asociación de Desarrollo Comunal (ADESCO)	Buscar el desarrollo de las comunidades orientado en los temas sociales y productivos principalmente	Es de señalar que existen intereses de las ADESCOS en solventar las limitantes de vivienda; para el caso, la ADESCO de la comunidad Barra Salada ha gestionado ante la municipalidad de Sonsonate un permiso para establecer viviendas dentro del manglar, hecho que ha sido permitido bajo la modalidad de permisos de vivienda (permiso que autoriza el establecimiento de esta; no se puede vender el terreno ni la vivienda y en caso que el Estado solicitara el terreno, este sería devuelto); sin embargo, esto no se da, ya que en algunos de los terrenos usurpados al manglar, se ha observado el letrero de “SE VENDE”.
<b>MUNICIPALIDADES Y MANCOMUNIDADES</b>		
Alcaldía de Sonsonate	Promover e impulsar el desarrollo de sus cantones a través de acciones orientadas a la mejora de la calidad de vida.	<p>Puede generar y desarrollar herramientas de gobernanza con las cuales se promueva un proceso de desarrollo, acompañado de incentivos ambientales que esté oficializado dentro de la comuna.</p> <p>Maneja el relleno sanitario, el cual está ubicado jurisdiccionalmente en el municipio de Cuisnahuat; en este terreno se descargan los desechos provenientes de varios municipios del departamento incluido Cuisnahuat. Por otro lado, se conoce que las pilas de lixiviados, cuando están llenas tienden a ser descargadas (cuando llueve) al río Puluuya.</p> <p>Según lugareños de la comunidad de Barra Salada, la municipalidad extiende permisos de vivienda dentro del bosque de manglar de Barra Salada, esto hace que se den usurpaciones en terrenos que son del Estado, considerados como áreas frágiles.</p>

INSTITUCIONES	INTERÉS DEL ACTOR	INFLUENCIA EN LA CUENCA MANDINGA
Junta de agua Municipal	Administrar de agua potable a los beneficiarios del sistema. Sus pozos se ubican en el Cantón Coquiama; la administración del sistema se lleva en la municipalidad	No están generando acciones para la protección de las zonas de recarga hídrica en la zona. Se podría generar un modelo de generación de incentivos ambientales a los productores de la zona alta y media de la cuenca, a fin de que estos desarrollen una visión de buenas prácticas agrícolas y recarga de agua.
Comisión Municipal Protección Civil	La Comisión Municipal de Protección Civil, Prevención y Mitigación de Desastres, desarrollar acciones coordinadas para la identificación de potenciales amenazas, vulnerabilidades y capacidades, para la prevención, mitigación y una intervención oportuna que propicie la efectiva respuesta y las condiciones para la pronta recuperación del municipio	Puede, junto a otros actores del país identificar y prever el desarrollo de amenazas que puedan estar vinculadas con la desestabilización de terrenos, la falta de capacidad para producir, la capacidad para infiltrar a fin de evitar riesgos por falta de alimento y agua. Este proceso debe ser analizado de aguas arriba-aguas abajo a fin de garantizar que los impactos generados aguas arriba no afecten las poblaciones y ecosistemas aguas abajo.
Microregión Los Izalcos	Gestionar iniciativas de desarrollo para los municipios que forman parte de esta estructura regional.	Es una estructura que puede ser la gestora de iniciativa de proyectos en los territorios de la microrregión; entre los municipios que incluye, están, Cuisnahuat y Sonsonate. Sin embargo, es necesario contar con el apoyo político de los alcaldes para promover acciones orientadas a la sostenibilidad de los territorios.
<b>ONG</b>		
ADEL	Organización que promueve la organización para la empresarialidad, créditos y acciones de protección de los recursos naturales a través de proyectos en los territorios	Es una estructura fuerte en los territorios que tiene influencia a nivel nacional, principalmente en el tema de microcréditos; puede ser un actor que genere una estrategia de líneas de crédito ambientales, para impulsar iniciativas turísticas y ambientales.

INSTITUCIONES	INTERÉS DEL ACTOR	INFLUENCIA EN LA CUENCA MANDINGA
Asociación Comunitaria Unida por el agua y la Agricultura (ACUA)	Ejecución de proyectos FIAES en el Área de Conservación Los Cobanos	Gestiona y ejecuta iniciativas de proyectos ambientales en los territorios de Sonsonate y Cuisnahuat.
CLUSA	Apoya el establecimiento de plantaciones de cacao en el municipio	Gestiona y ejecuta iniciativas de proyectos ambientales para desarrollar en los territorios de Sonsonate y Cuisnahuat. Tal como el proyecto Cacao
Fondo de iniciativa para las Américas de El Salvador (FIAES)	Apoyo con iniciativas de desarrollo socioeconómico y ambiental	Fondo de remesas Estadounidenses que están orientadas al fomento y desarrollo de iniciativas ambientales en el país.
FUNZEL	Implementar programas que contribuyan a la conservación de la vida silvestre incluyendo especies marino costeras de El Salvador	Implementan proyectos con financiamiento de varias organizaciones, a la fecha, se encuentran recibiendo apoyo de FIAES con quienes se ha montado un proyecto de reproducción de tortuga marina, además de buscar mecanismos para la reproducción y conservación del bosque de manglar de Barra Salada. Dentro de esta iniciativa se busca implementar la apertura de canales en el interior del manglar para garantizar un mejor y mayor flujo de agua en el bosque.
<b>INSTITUCIONES DEL ESTADO</b>		
Dirección General de Protección Civil, Prevención y Mitigación de Desastres	-Ente articulador en la toma de decisiones para garantizar la eficiencia y eficacia de las operaciones de respuesta en caso de desastres o emergencias. Salvaguardar las vidas y los bienes de las familias afectadas en situación de emergencias y/o desastres	Debe de ser una entidad que identifique y monitoree potenciales riesgos; en la actualidad esta institución toma decisiones únicamente para casos eventuales y puntuales sin proyectarse a riesgos en constante evolución que incluso pasan desapercibidos como la recarga hídrica en acuíferos, cambio en la composición química del agua en pozos, entre otros.
Ministerio de Medio Ambiente (MARN)	Busca la conservación y preservación de los recursos naturales, mediante el fomento de patrones de producción y consumo más limpios y eficientes para beneficio de todos los habitantes de El Salvador	No está desarrollando un plan con el que se protejan áreas frágiles, como son los manglares. Para el caso, el bosque de Barra Salada en Sonsonate está siendo depredado. A pesar de ser parte del Área Natural protegida Los Cobanos, esta no cuenta con guardarecursos que protejan el manglar. No están generando investigaciones ni monitoreo en el bosque de manglar de Barra Salada

INSTITUCIONES	INTERÉS DEL ACTOR	INFLUENCIA EN LA CUENCA MANDINGA
Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG)	<p><b>Agrícola</b> Diversificar y aumentar la producción y productividad agrícola, mediante asistencia técnica, capacitación e incentivos a las familias productoras.</p>	<p>Se conoce que los responsables forestales tienden a recibir sobornos por la autorización de árboles para tala ya se en zonas ribereñas, incluso árboles que están en peligro de extinción.</p> <p>No se están desarrollando iniciativas de impacto en el tema de cambio climático</p>
	<p><b>Pecuario</b> Potenciar el desarrollo de la ganadería de leche, carne y de doble propósito.</p>	
	<p><b>Forestal</b> Dinamizar el desarrollo sostenible del país con asistencia técnica en bosque o plantaciones forestales, manejo de semillas, uso de agua para riego y obras de conservación de suelo.</p>	
	<p><b>Pesquero y acuícola</b> Promover el desarrollo de la pesca, la acuicultura y la sostenibilidad de la producción en los cuerpos de agua continentales.</p>	
	<p><b>Caficultura</b> Reactivar y fomentar el desarrollo de la caficultura nacional con acciones integrales para el manejo agronómico de las plantaciones de café, asistencia técnica, investigación, capacitación, incentivos, fungicidas para el combate de la roya y plantas de café de variedades resistentes a la roya para la renovación del parque cafetalero en las seis cordilleras: Apaneca-Ilamatepec, Quezaltepec- Bálamo, Tecapa-Chinameca, Chichontepec, Cacahuatique y Alotepec-Metapán.</p>	
	<p><b>Cambio climático</b> Promover una agricultura, ganadería, forestería y pesca y acuicultura, sustentable, resiliente y adaptable al cambio climático, especialmente en la zona del Corredor Seco, a partir de de la formulación de estrategias y planes y de la ejecución de acciones para contrarrestar los efectos del cambio climático y la recuperación de los recursos naturales.</p>	

INSTITUCIONES	INTERÉS DEL ACTOR	INFLUENCIA EN LA CUENCA MANDINGA
Ministerio de Salud	-Brindar servicios integrales de salud a la población y garantizar la salud pública	A través de las dependencias de la Unidad de Salud de Sonsonate, se cuenta con promotores e inspectores de saneamiento que están garantizando la salud en la población que está en la cuenca. Otra de las acciones que verifican es la calidad del agua en fuentes de las comunidades de Sonsonate y Cuisnahuat. Supervisan los afluentes de aguas residuales a los cuerpos de agua.
Ministerio de Educación	Promover la educación escolar básica, secundaria, bachillerato y técnica, con el fin de mejorar las condiciones de vida en los jóvenes y en adultos	Los centros escolares e institutos cuentan con un recurso que es fundamental para cambiar costumbres sobre el manejo de los recursos naturales. Sin embargo, tema ambiental, desarrollado en el salón de clase debe ser fortalecido con temáticas y acciones que generen impacto en la población estudiantil con quienes se pueden, incluso, desarrollar acciones operativas de mediano y largo plazo.
FISDL	Mejorar la calidad de vida de las personas en condición de pobreza y vulnerabilidad impulsando procesos de desarrollo local sostenible	Están desarrollando proyectos orientados a mejorar la calidad de vida en la población, sin embargo, se ha conocido que iniciarán proyectos orientados a fomentar la productividad en la agricultura como mecanismo para erradicar la pobreza. Desarrollar este tipo de iniciativas debe ir orientada con una visión de manejo sostenible de los recursos naturales.
CENTA	Brindar apoyo técnico en la producción agrícola	No están impulsando acciones de desarrollo productivo, incluso asesoría en los municipios de Cuisnahuat y Sonsonate. Esta es una instancia que puede generar acciones en el municipio de Cuisnahuat para evitar el deterioro de los suelos en terrenos que cuentan con pendientes pronunciadas y están deforestados, cuyos efectos tienen su impacto aguas abajo, especialmente en el bosque de manglar de Barra Salada.



INSTITUCIONES	INTERÉS DEL ACTOR	INFLUENCIA EN LA CUENCA MANDINGA
ISDEM	<p>-Fortalecer capacidades y competencias en gestión integral del desarrollo de las municipalidades del país</p> <p>-Es una entidad de derecho público, especializada en el campo de la Administración Municipal</p> <p>-Institución Autónoma especializada en Asistencia Técnica y Capacitación de los Gobiernos Locales en las áreas de Administración, Financiera, Planificación, Legal, Cambio Climático, Gestión de Riesgos, Participación Ciudadana, Transparencia y otros que éstos demanden</p>	<p>Busca profesionalizar el actuar y funcionamiento de las municipalidades del país, esto incluye promover la sostenibilidad de los territorios; los recursos naturales como el agua, el suelo y la flora son fundamentales para este desarrollo. ISDEM y COMURES pueden deben promover en las municipalidades la visión del desarrollo sostenible a través de municipios o mancomunidades.</p>
COMURES	<p>-Busca promover, fortalecer y defender propositiva y proactivamente la autonomía y competencias municipales, en el marco de la democracia participativa y el carácter gremial.</p>	
MITUR	<p>Promoción del turismo local.</p> <p>Apoyo en las iniciativas turísticas en las cuencas.</p> <p>Generar capacidades locales para promover el desarrollo turístico</p>	<p>Se vuelve un actor clave para el fomento del turismo en los territorios, esto se transforma en potencialidad económica. Además, el contemplar el crecimiento del turismo, contempla el fomento a las acciones de protección y conservación de los recursos naturales. Proteger los recursos naturales permite que el turismo en los territorios se extienda y haga crecer la economía de los territorios. Las alianzas multiactores son fundamentales para lograr la visión de sostenibilidad y crecimiento económico.</p>
Policía Nacional Civil (PNC)	<p>A través de la PNC de Medio ambiente se busca garantizar el manejo sostenible de los recursos naturales; su actuar está enmarcado a ley, por lo que el uso de las leyes de medio ambiente, ordenanzas municipales es fundamental para su actuar.</p>	<p>Su actuar depende en gran medida de los marcos legales existentes, sin embargo, muchas veces la eficiencia para detectar y evitar el delito depende en gran medida de la denuncia, hecho que se da de forma mínima por la población.</p> <p>El rol en la prevención del delito depende en gran medida de los respaldos legales disponibles; para el caso de los manglares, la limitante existente es que no se cuenta con mapas oficiales sobre la delimitación de los mismos.</p>

INSTITUCIONES	INTERÉS DEL ACTOR	INFLUENCIA EN LA CUENCA MANDINGA
<b>ACADEMIA</b>		
Universidad de El Salvador (UES)	Desarrollar profesionales comprometidos al desarrollo del país y su población. Promover investigación socioeconómica y ambiental.	Cuentan con capacidad para desarrollar investigaciones especializadas, en los temas de suelos, agua, flora, fauna, turismo, entre otros. Cuentan con estudiantes que a través de horas sociales son una opción para dar asistencia técnica, orientada a la protección de suelos, agua, flora, agua, turismo, entre otros.
Universidad José Matías Delgado	Formar profesionales capaces de integrarse y desarrollarse en un entorno nacional e internacional, con alta competencia, espíritu de investigación e innovación, sólida moralidad, profunda sensibilidad humana y clara visión del futuro.	
UNIVERSIDAD DE SONSONATE	Formar profesionales competitivos comprometidos con la realidad nacional para contribuir al desarrollo humano sostenible de El Salvador	
UNIVERSIDAD ANDRES BELLO	Posibilitar al estudiante ser gestor de su propio proceso formativo; proceso administrativo que vincule las tareas universitarias con el mundo del trabajo y esté en constante mejoramiento, buscando la Excelencia Académica.	
<b>EMPRESA PRIVADA</b>		
DECAMERON	Venta de servicios de turismo de playa	Su rompeolas dentro del área Natural Protegida Los Cobanos ejerce cambios en el comportamiento de las olas, hecho que puede influir en el taponamiento de la bocana de Barra Salada. Esta empresa turística puede ser una opción para promover la compensación ambiental que puede orientarse a la protección del bosque de manglar.
COMPAÑÍA AZUCARERA SALVADOREÑA (CASSA)	Empresa que proporciona productos y servicios agrícolas e industriales que agregan valor a los clientes y al país. El enfoque principal para la producción ha sido la caña de azúcar, para la producción de azúcar, melaza, energía, servicios agrícolas y certificaciones.	Empresa dedicada a la producción de caña de azúcar; normalmente se le ha acusado de usurpar bosque de manglar de Barra Salada para cambiar su uso de suelo por caña. A través de su empresa operativa en campo COAGRI, se le acusa de administrar plantaciones de caña de azúcar en lugares donde antes había bosque de manglar. Dentro de sus acciones de sostenibilidad menciona CASSA que están implementando bosques bioenergéticos, sin embargo, gran cantidad de estos bosques se encuentran en los alrededores del manglar de Barra salada; los árboles bioenergéticos sembrados en gran cantidad son de la especie eucalipto.

Fuente: Elaboración propia

**Anexo 6.** Resultados de los análisis microbiológicos en los puntos de muestreo en diferentes cuencas del municipio de Cuisnahuat.

No.	RIO	UBICACIÓN	Ubicación		DETERMINACIÓN/RESULTADOS			
			Latitud	Longitud	Coliformes totales	Coliformes fecales	Echerichia Coli	Bacterias heterótrofas, aerobias mesófilas
1	Pululuya	Parte baja del río	13°33.264´	89°40.981´	>160,0w00 NMP/100 ML	>160,000 NMP/100 ML	>160,000 NMP/100 ML	10,000 NMP/100 ML
2	Pululuya	Parte media del río	13°35.458´	89°39.675´	>160,000 NMP/100 ML	160,000 NMP/100 ML	90,000 NMP/100 ML	21,500 NMP/100 ML
3	Pululuya	Parte alta del río	13°39.210´	89°35.117´	>160,000 NMP/100 ML	>160,000 NMP/100 ML	>160,000 NMP/100 ML	373,500 NMP/100 ML
4	Mandinga	parte baja	13°34.233´	89°42.289´	>9,000 NMP/100 ML	6,000 NMP/100 ML	6,000 NMP/100 ML	14,800 NMP/100 ML
5	Mandinga	parte media	13°36´20.1´´	89°42.179´	90,000 NMP/100 ML	90,000 NMP/100 ML	28,000 NMP/100 ML	37,500 NMP/100 ML

Fuente: Laboratorio de calidad microbiológica de aguas, Facultad de Química y Farmacia / UES

**Anexo 7.. ICA en agua de los ríos de la cuenca del río mandinga.**

FECHA	Sitio	RIO	pH	Sub. pH	Temp.	Cambio Tem.	Sub. Tem.	Tambiente	OD	OD	Sub. OD	STD	Sub. STD	DBO	Sub. DBO	Fofatos (PO <sub>4</sub> )	Sub. PO <sub>4</sub>	Nitratos (NO <sub>3</sub> )	Sub. NO <sub>3</sub>	Turbidez	Sub. Turbi.	Coliformes	Sub. Coi.	ICA Multiplicativo	Clasificación Multiplicativa
			uni. de pH	W = 0.12	Puntual	°C	W = 0.10	°C	mg / L	%saturacion	W = 0.17	mg/L	W = 0.08	mg/L	W = 0.10	mg/L	W = 0.10	mg/L	W = 0.10	FAU	W = 0.08	Fecales	W = 0.15		
28/6/2017	1	Parte baja río Pululuya	7.51	93.00	20.00	1.00	84.00	21.00	0.42	5.30	5.00	148.70	78.00	67.20	2.00	0.97	40.00	2.55	85.00	355.00	5.00	160,000	3.00	16.20	PESIMA
28/6/2017	2	Partemedio río Pululuya	8.01	85.00	19.00	1.00	84.00	20.00	8.02	100.70	99.00	86.40	85.00	1.42	82.00	0.58	64.00	1.90	86.00	180.00	5.00	160,000	3.00	40.79	MALA
28/6/2017	3	Parte alta río Pululuya	7.24	91.00	20.00	1.00	84.00	21.00	7.79	98.40	98.00	64.30	87.00	2.77	73.00	0.40	76.00	1.50	88.00	14.00	70.00	>160,000	3.00	51.19	REGULAR
19/7/2017	4	Partemedio río Mandinga	7.91	86.50	21.00	1.00	84.00	22.00	7.00	87.00	92.00	106.10	84.00	1.77	78.00	0.62	57.00	2.50	85.00	145.00	5.00	90,000	4.00	41.36	MALA
28/6/2017	5	Parte baja río Mandinga	7.78	88.00	20.00	1.00	84.00	21.00	6.80	84.50	92.00	164.40	76.00	1.24	83.00	0.95	41.00	2.00	86.00	21.00	61.00	6,000	13.00	58.43	REGULAR

Fuente: Elaboración propia

**Anexo 8.** Comportamiento de salinidad (0/00) en puntos de muestreo en canales del manglar de Barra Salada

	Punto No.	Ubicación		Hora de toma de muestra	STD (Gr/Lt)	Salinidad (‰)
		Latitud	Longitud			
		LAT	LONG			
Fecha de levantamiento de información	1	N13°32'04.5"	W89°40'40.6"	09:00	32	30
	2	N13°32'05.3"	W89°40'35.1"	09:25	34	32
	3	N13°32'05.5"	W89°41'32.4"	09:55	33	30
	4	N13°32'07.2"	W89°41'26"	10:25	33	33.5
	5	N13°32'07.4"	W89°41'21.8"	10:55	32	33
	6	N13°32'06.4"	W89°41'13.7"	11:20	32	32
	7	N13°32'06.9"	W89°41'11.5"	11:50	34	32
	8	N13°32'06.6"	W89°41'06.4"	12:15	33	31
	9	N13°32'00.0"	W89°41'00.0"	12:30	33	33
Miércoles 14 de junio de 2017	1	13°32.161'	89°40.874'	10:49	3.3	0.339
	2	13°31.978'	89°41.871'	11:5	3.09	0.317
	3	13°32.082'	89°42.059'	12:15	4.41	0.455
	4	13°32.294'	89°41.911'	12:20	2.48	0.254
	5	13°32.380'	89°41.777'	12:25	2.56	0.262
	6	13°32.378'	89°41.737'	12:29	2.67	0.273
	7	13°32.446'	89°41.852'	12:40	1.49	0.151
	8	13°32.715'	89°41.758'	12:55	0.236	0.024
	9	13°32.614'	89°41.831'	13:00	0.562	0.056
Sábado 4 de agosto de 2018	1	N13°32'04.5"	W89°40'40.6"	09:00	32	ND
	2	N13°32'05.3"	W89°40'35.1"	09:25	34	23
	3	N13°32'05.5"	W89°41'32.4"	09:55	33	23.7
	4	N13°32'07.2"	W89°41'26"	10:25	33	23.5
	5	N13°32'07.4"	W89°41'21.8"	10:55	32	21.4
	6-A	N13°32'06.4"	W89°41'13.7"	11:20	32	19.2
	6	N13°32'06.9"	W89°41'11.5"	11:50	34	22.9
	7	N13°32'06.6"	W89°41'06.4"	12:15	33	19.7
	8	N13°32'00.0"	W89°41'00.0"	12:30	33	25.7
Domingo 5 de agosto de 2018	1	N13°32'17.6"	W89°41'31.6"	08:00	31	31.1
	2	N13°32'22.4"	W89°41'42.4"	08:15	33	24.8
	3	N13°32'26.2"	W89°41'45.5"	08:45	32	14.4
	4	N13°32'37.2"	W89°41'50.8"	09:00	33	11.1
	5	N13°32'30.0"	W89°41'56.3"	09:20	33	7.8
	6	N13°32'13.9"	W89°41'14.2"	09:40	37	13.6
	7	N13°32'00.1"	W89°41'897"	10:05	36	15.9

Anexo 10. Comportamiento del bosque de manglar en ZONA 1

ZONA 1 / FECHA DE MUESTREO: 24 DE MARZO								
No.	Ubicación	No. de árboles	Perímetro(cm)		DAP (mt)	altura del árbol (mt)	AB(m <sup>2</sup> )	
1	N13°32.165´ W89°41.595´	1	10	2.5 - 9.9 cm	0.032	3	0.00080	
		2	27		0.086	7	0.006	
		3	28		0.089	6	0.006	
		4	28		0.089	10	0.006	
				23.25		0.07	6.50	0.005
		1	38	>10 cm	0.121	7	0.011	
		2	69		0.220	11	0.038	
		3	56		0.178	10	0.025	
		4	54		0.172	10	0.023	
		5	52		0.166	12	0.022	
		6	49		0.156	11	0.019	
				53.000		0.169	10.167	0.023
		2	N13°32'11.2" W89°41'30.5"	Ubicación			DAP (mt)	altura del árbol (mt)
No de árboles	Perímetro(cm)							
1	29			2.5 - 9.9 cm	0.09	4	0.007	
2	12				0.04	3.5	0.001	
3	13				0.04	3	0.001	
4	15				0.05	4	0.002	
5	21				0.07	3.5	0.004	
6	11				0.04	3.5	0.001	
				16.83		0.05	3.58	0.0026
1	40			>10 cm	0.13	6	0.013	
2	52				0.17	8	0.022	
3	66				0.21	14	0.035	
4	51				0.16	10	0.021	
5	78				0.25	17	0.048	
		57.400		0.183	11.000	0.028		
3	N13°32'10.9" W89°41'27.1"	Ubicación			DAP (mt)	altura del árbol (mt)	AB (m <sup>2</sup> )	
		No de árboles	Perímetro(cm)					
		1	24	2.5 - 9.9 cm	0.08	5	0.0046	
		2	24		0.08	5	0.0046	
		3	25		0.08	4	0.0050	
				24.33		0.08	4.67	0.0047
1	34	>10 cm	0.11	6.5	0.01			
2	51		0.16	7	0.02			

	Ubicación	No de árboles	Perímetro(cm)		DAP (mt)	altura del árbol (mt)	AB (m²)	
	N13°32'10.9" W89°41'27.1"	3	73		0.23	10	0.04	
		4	62		0.20	10	0.03	
		5	49		0.16	9	0.02	
		6	43		0.14	5	0.01	
		7	64		0.20	11	0.03	
		8	32		0.10	5	0.01	
				51.000		0.162	7.938	0.022
4	N13°32'15.2" W89°41'22"	No de árboles	Perímetro(cm)		DAP (mt)	altura del árbol (mt)	AB (m²)	
		1	20	2.5 - 9.9 cm	0.06	4	0.0032	
		2	16		0.05	3	0.0020	
		3	27		0.09	3.5	0.0058	
		4	26		0.08	3	0.0054	
		5	28		0.09	5	0.0062	
		6	11		0.04	2.2	0.0010	
		7	11		0.04	2	0.0010	
		8	13		0.04	3	0.0013	
				19.00		0.06	3.21	0.0032
		1	67	> 10 cm	0.21	12	0.036	
		2	68		0.22	10	0.037	
		3	57		0.18	10	0.026	
		4	43		0.14	7	0.015	
		5	55		0.18	9	0.024	
		6	64.00		0.20	8.00	0.03	
				59.00		0.19	9.33	0.028
5	Ubicación	No de árboles	Perímetro(cm)		DAP (mt)	altura del árbol (mt)	AB(m²)	
	N13°32'10.8" W89°41'44.7"	1	15	2.5 - 9.9 cm	0.05	3	0.002	
		2	22		0.07	4	0.004	
		3	14		0.04	3	0.002	
		4	15		0.05	3	0.002	
		5	17		0.05	4	0.002	
		6	25		0.08	5	0.005	
		7	30		0.10	5	0.007	
		8	17		0.05	3	0.002	
		9	25		0.08	4	0.005	
		10	25		0.08	5	0.005	



	Ubicación	No de árboles	Perímetro(cm)		DAP (mt)	altura del árbol (mt)	AB(m <sup>2</sup> )		
	N13°32'10.8" W89°41'44.7"	11	22		0.07	4	0.004		
		12	17		0.05	3	0.002		
		13	13		0.04	3	0.001		
		14	18		0.06	4	0.003		
			19.64		0.06	3.79	0.0033		
		1	40	>10 cm	0.13	6	0.013		
		2	39		0.12	6	0.012		
		3	78		0.25	11	0.048		
		4	58		0.18	12	0.027		
		5	61		0.19	10	0.030		
			55.2	0.18	9.00	0.0259			
		6	N13°32'11.9" W89°41'45.9"	1	25	2.5 - 9.9 cm	0.080	5	0.005
				2	27		0.086	5	0.006
3	28			0.089	4		0.006		
4	13			0.041	3		0.001		
5	17			0.054	5		0.002		
6	31			0.099	5		0.008		
7	12			0.038	3		0.001		
8	17			0.054	4		0.002		
9	31			0.099	5		0.008		
10	16			0.051	4		0.002		
11	11			0.035	3		0.001		
12	33			0.105	5		0.009		
13	26			0.083	5		0.005		
14	29			0.092	5		0.007		
15	11			0.035	3		0.001		
16	26			0.083	4		0.005		
	22.06			0.070	4.25	0.004			
1	65			>10 cm	0.207	0.07	0.03		
2	36				0.115	3.00	0.01		
3	34				0.108	6.00	0.01		
	45	0.143	3.02		0.02				
7	Ubicación	No de árboles	Perímetro(cm)		DAP (mt)	altura del árbol (mt)	AB(m <sup>2</sup> )		
	N13°32'15.8" W89°41'47.2"	1	17	9.	0.0541	4	0.00		

	Ubicación	No de árboles	Perímetro(cm)		DAP (mt)	altura del árbol (mt)	AB(m <sup>2</sup> )
	N13°32'15.8" W89°41'47.2"	2	10	>10 cm	0.0318	3	0.00
		3	12		0.0382	3	0.00
			13		0.041	3.333	0.001
		1	78		0.2483	14	0.05
		2	50		0.1592	9	0.02
		3	121		0.3852	17	0.12
		4	73		0.2324	12	0.04
			80.50		0.2562	13.00	0.06
8	N13°32'11.8" W89°41'47.2"	1	30	2.5 - 9.9 cm	0.10	7	0.01
		2	15		0.05	4	0.00
		3	15		0.05	4	0.00
		4	17		0.05	4	0.00
		5	29		0.09	6	0.01
		6	20		0.06	4	0.00
		7	28		0.09	5	0.01
		8	22		0.07	3	0.00
		9	31		0.10	5	0.01
		10	27		0.09	5	0.01
			23.40	0.07	4.70	0.0046	
		1	43	>10 cm	0.14	9	0.01
		2	56		0.18	10	0.02
		3	36		0.11	6	0.01
		4	44		0.14	8	0.02
		5	68		0.22	10	0.04
		6	51		0.16	10	0.02
			49.67	0.16	8.83	0.02	
9	N13°32'11.2" W89°41'41.9"	1	21	2.5 - 9.9 cm	0.07	4	0.0035
			21		0.07	4	0.0035
		1	124	>10 cm	0.39	14	0.12
		2	94		0.30	15.5	0.07
		3	93		0.30	12	0.07
		4	64		0.20	6	0.03
		5	73		0.23	9	0.04

	Ubicación	No de árboles	Perímetro(cm)		DAP (mt)	altura del árbol (mt)	AB(m <sup>2</sup> )		
	N13°32'11.2" W89°41'41.9"	6	102		0.32	14	0.08		
		7	41		0.13	6	0.01		
		8	71		0.23	10	0.04		
		9	51		0.16	10	0.02		
				79.22		0.25	10.72	0.05	
10	N13°32'12.3" W89°41'38.1"	1	23	2.5 - 9,9 cm	0.07	6	0.004		
		2	11		0.04	3	0.001		
		3	13		0.04	2	0.001		
		4	15		0.05	3	0.002		
					15.5	0.0	3.5	0.0	
				1	52	>10 cm	0.17	9	0.022
				2	32		0.10	5	0.008
				3	51		0.16	10	0.021
				4	71		0.23	9	0.040
				5	51		0.16	8	0.021
				6	35		0.11	6	0.010
				7	53		0.17	8	0.022
					49.29		0.16	7.86	0.02

**Anexo 11. Comportamiento del bosque de manglar en ZONA 2**

<b>ZONA 2/ FECHA DE MUESTREO:21-mar-18</b>							
<b>No.</b>	<b>Ubicación</b>	<b>No de árboles</b>	<b>Perímetro</b>		<b>DAP (mt)</b>	<b>altura del árbol (mt)</b>	<b>AB (m²)</b>
1	N13°32'27.0" W89°40'52.1"	1	37	2.5 - 9.9 cm	0.1178	4	0.0109
		2	74		0.2355	8	0.0436
		3	33		0.1050	3	0.0087
		4	40		0.1273	5	0.0127
		5	37		0.1178	4	0.0109
		6	43		0.1369	6	0.0147
		7	69		0.2196	11	0.0379
		8	58		0.1846	9	0.0268
					48.875		0.16
<b>No.</b>	<b>Ubicación</b>	<b>No de arboles</b>	<b>Perímetro</b>		<b>DAP (mt)</b>	<b>altura del árbol (mt)</b>	<b>AB (m²)</b>
2	N13°32'35.6" W89°41'05.7"	1	97	> 10 cm	0.31	12	0.0749
		2	93		0.30	13	0.0688
		3	89		0.28	14	0.0630
		4	72		0.23	12	0.0413
		5	40		0.13	4	0.0127
		6	98		0.31	15	0.0764
					81.5		0.26
3	N13°32'39.4" W89°41'11.8"	1	27	2.5 - 9.9 cm	0.0859	4	0.0058
		2	11		0.0350	3	0.0010
		3	14		0.0446	4	0.0016
		4	23		0.0732	4	0.0042
		5	15		0.0477	6	0.0018
		6	20		0.0637	3	0.0032
		7	19		0.0605	4	0.0029
		8	17		0.0541	3	0.0023
		9	24		0.0764	4	0.0046
		10	16		0.0509	4	0.0020
		11	25		0.0796	5	0.0050
		12	18		0.0573	4	0.0026
		13	17		0.0541	4	0.0023
		14	14		0.0446	3	0.0016
		15	22		0.0700	4	0.0039
		16	13		0.0414	3	0.0013
					18.4375		0.06

No.	Ubicación	No. de árboles	Perímetro		DAP (cm)	altura del árbol (mt)	AB (m <sup>2</sup> )
3	N13°32'39.4" W89°41'11.8"	1	44	>10 cm	0.14	6	0.0154
		2	53		0.17	8	0.0224
		3	35		0.11	6	0.0097
		4	42		0.13	7	0.0140
			43.5		0.14	6.75	0.0154
4	N13°32'39.3" W89°41'11.8"	1	40	>10 cm	0.13	4	0.0127323
		2	125		0.40	14	0.1243392
		3	63		0.20	5	0.0315841
		4	132		0.42	15	0.1386551
			90		0.29	9.50	0.08
5	N13°32'36.5" W89°41'12.9"	1	26	2.5 - 9.9 cm	0.0828	4	0.0054
		2	12		0.0382	3	0.0011
		3	18		0.0573	4	0.0026
		4	15		0.0477	3	0.0018
		5	15		0.0477	3	0.0018
		6	13		0.0414	3	0.0013
		7	11		0.0350	3	0.0010
		8	17		0.0541	4	0.0023
			15.88	0.0505	3.38	0.0022	
		1	70	>10 cm	0.2228	6	0.0390
		2	53		0.1687	10	0.0224
		3	32		0.1019	6	0.0081
			51.67		0.1645	7.33	0.02
		6	N13°32'35.4" W89°41'18.1"	1	21	2.5 - 9.9 cm	0.07
2	18			0.06	3		0.003
3	16			0.05	4		0.002
4	15			0.05	3		0.002
5	12			0.04	3		0.001
6	12			0.04	3		0.001
7	14			0.04	3		0.002
8	12			0.04	3		0.001
9	12			0.04	3		0.001

No.	Ubicación	No de árboles	Perímetro		DAP (cm)	altura del árbol (mt)	AB (m <sup>2</sup> )	
6	N13°32'35.4" W89°41'18.1"	10	16		0.05	4	0.002	
		11	15		0.05	3	0.002	
		12	14		0.04	3	0.002	
		13	22		0.07	4	0.004	
		14	22		0.07	5	0.004	
		15	17		0.05	4	0.002	
		16	17		0.05	4	0.002	
		17	24		0.08	5	0.005	
		18	11		0.04	3	0.001	
		19	17		0.05	4	0.002	
			16.16		0.05	3.58	0.002	
		1	42	>10 cm	0.13	6	0.014	
		2	45		0.14	5	0.016	
		3	36		0.11	5	0.010	
	41	0.1305	5.333		0.01349			
No.	Ubicación	No de árboles	Perímetro		DAP (cm)	altura del árbol (mt)	AB (m <sup>2</sup> )	
7	N13°32'39.2" W89°41'17.9"	1	16	2.5 - 9.9 cm	0.0509	3	0.0020	
		2	26		0.0828	4	0.0054	
		3	23		0.0732	4	0.0042	
		4	24		0.0764	4	0.0046	
		5	18		0.0573	4	0.0026	
		6	18		0.0573	4	0.0026	
		7	27		0.0859	5	0.0058	
		8	15		0.0477	3	0.0018	
		9	19		0.0605	4	0.0029	
		10	24		0.0764	4	0.0046	
		11	18		0.0573	4	0.0026	
		12	26		0.0828	4	0.0054	
		13	16		0.0509	3	0.0020	
		14	22		0.0700	4	0.0039	
		15	14		0.0446	3	0.0016	
		16	15		0.0477	3	0.0018	
			20.063			0.064	3.750	0.0034
		1	32			0.1019	4	0.0081
			32.0000			0.1019	4.0000	0.0081486
8	Ubicación	No de árboles	Perímetro		DAP (mt)	altura del árbol (mt)	AB (m <sup>2</sup> )	
	N13°32'48.8" W89°41'17.8"	1	235	>10 cm	0.75	15	0.4395	
		2	76		0.24	17	0.0460	

No.	Ubicación	No de árboles	Perímetro		DAP (mt)	altura del árbol (mt)	AB (m <sup>2</sup> )
8	N13°32'48.8" W89°41'17.8"	3	142		0.45	16	0.1605
		4	102		0.32	18	0.0828
		5	177		0.56	20	0.2493
		6	114		0.36	20	0.1034
		7	231		0.74	22	0.4246
		8	124		0.39	19	0.1224
			150.12		0.477	18.37	0.2035
9	Ubicación	No de árboles	Perímetro	2.5 - 9.9 cm	DAP (mt)	altura del árbol (mt)	AB (m <sup>2</sup> )
		1	29		0.09	5.99	0.007
		2	20		0.06	8.92	0.003
		3	27		0.09	8.55	0.006
		4	19		0.06	8.22	0.003
		5	20		0.06	7.63	0.003
		6	11		0.04	5.54	0.001
		7	10		0.03	5.71	0.001
		8	10		0.03	3.72	0.001
		9	22		0.07	6.70	0.004
		10	13		0.04	6.95	0.001
		11	13		0.04	3.66	0.001
	17.64	0.06	6.51	0.00280			
10	Ubicación	No de árboles	Perímetro (cm)	2.5 - 9.9 cm	DAP (mt)	altura del árbol (mt)	AB (m <sup>2</sup> )
		1	21		0.0668	7.3517	0.0035
		2	19		0.0605	7.2000	0.0029
		3	10		0.0318	6.0456	0.0008
		4	15		0.0477	7.0629	0.0018
		5	24		0.0764	8.7000	0.0046
		6	31		0.0987	7.9933	0.0076
		7	29		0.0923	7.7284	0.0067
		8	26		0.0828	7.1848	0.0054
		9	21		0.0668	3.7978	0.0035
	21.7778	0.0693	7.0072	0.0041			

**Anexo 12. Comportamiento del bosque de manglar en ZONA 3**

**ZONA 3/ FECHA DE MUESTREO: 4 DE AGOSTO 2018**

No.	Ubicación	No de árboles	Perímetro (Cm)	DAP (mt)		altura del árbol (Cm)	AB (m <sup>2</sup> )
				2.5 - 9.9 cm	>10 cm		
1	N13°32'04.5" W89°40'40.6"	1	16	2.5 - 9.9 cm	0.051	3.5	0.0020
		2	20		0.064	3.0	0.0032
			18.0		0.057	3.3	0.0
		1	45	>10 cm	0.143	5.0	0.0161
		2	73		0.232	7.0	0.0424
		3	70		0.223	7.5	0.0390
		4	133		0.423	11.0	0.1408
		5	58		0.185	6.0	0.0268
		6	44		0.140	5.0	0.015
			70.5			0.224	6.9
No.	Ubicación	No de árboles	Perímetro		DAP (mt)	altura del árbol (mt)	AB (M <sup>2</sup> )
2	N13°32'05.3" W89°40'35.1"	1	11	2.5 - 9.9 cm	0.0350	3	0.0010
		2	16		0.0509	3.4	0.0020
		3	11		0.0350	3	0.0010
			12.67		0.04	3.13	0.00
		1	48	>10 cm	0.1528	10	0.0183
		2	38		0.1210	5	0.0115
		3	115		0.3661	13	0.1052
		4	17		0.0541	4.5	0.0023
		5	87		0.2769	15	0.0602
		6	21		0.0668	5.5	0.0035
	54.33		0.17	8.83	0.03		
No.	Ubicación	No de árboles	Perímetro		DAP (mt)	altura del árbol (mt)	AB (m <sup>2</sup> )
3	N13°32'05.5" W89°41'32.4"	1	10	2.5 - 9.9 cm	0.0318	3.4	0.0008
		2	24		0.0764	6.75	0.0046
		3	11		0.0350	2.5	0.0010
		4	22		0.0700	5	0.0039
		5	10		0.0318	2.5	0.0008
		6	19		0.0605	5.75	0.0029
		7	12		0.0382	3.9	0.0011
		8	11		0.0350	3.4	0.0010
		9	12		0.0382	3.6	0.0011
		10	21		0.0668	5	0.0035
			15.20			0.0484	4.18



	Ubicación	No de árboles	Perímetro		DAP (mt)	altura del árbol (mt)	AB (m²)		
	N13°32'05.5" W89°41'32.4"	1	46	>10 cm	0.1464	12	0.0168		
		2	55		0.1751	12.5	0.0241		
		3	56		0.1783	10	0.0250		
		4	92		0.2928	13	0.0674		
			62.25		0.1982	11.88	0.033		
No.	Ubicación	No de árboles	Perímetro		DAP (mt)	altura del árbol (mt)	AB (m²)		
4	N13°32'07.2" W89°41'26"	1	29	2.5 - 9.9 cm	0.1	6	0.0067		
		2	11		0.0	3	0.0010		
		3	12		0.0	2.5	0.0011		
		4	13		0.0	3	0.0013		
		5	12		0.0	2.5	0.0011		
		6	15		0.0	4.55	0.0018		
		7	21		0.1	6	0.0035		
		8	10		0.0	2.4	0.0008		
		9	21		0.1	5	0.0035		
				16.00		0.05	3.88	0.0023	
				1	32	>10 cm	0.1	7	0.0081
				2	49		0.2	12	0.0191
				3	115		0.4	15	0.1052
				4	48		0.2	12	0.0183
					61.00		0.19	11.50	0.0377
		5	N13°32'07.4" W89°41'21.8"	1	20	2.5 - 9.9 cm	0.0637	4	0.0032
				2	15		0.0477	4	0.0018
				3	13		0.0414	3	0.0013
				4	14		0.0446	3	0.0016
5	18			0.0573	4		0.0026		
6	23			0.0732	4.5		0.0042		
7	14			0.0446	4		0.0016		
8	13			0.0414	4		0.0013		
9	18			0.0573	4		0.0026		
10	20			0.0637	4		0.0032		
11	31			0.0987	4		0.0076		
12	19			0.0605	11		0.0029		
13	10			0.0318	3		0.0008		
14	17			0.0541	4		0.0023		

No.	Ubicación	No de árboles	Perímetro		DAP (mt)	altura del árbol (mt)	AB (m²)		
5	N13°32'07.4" W89°41'21.8"	15	15		0.0477	3	0.0018		
		16	18		0.0573	4	0.0026		
		17	26		0.0828	5	0.0038		
		18	26		0.0828	5	0.0038		
			18.33		0.0584	4.31	0.0027		
No.	Ubicación	No de árboles	Perímetro		DAP (mt)	altura del árbol (mt)	AB (m²)		
6	N13°32'06.9" W89°41'11.5"	1	11	2.5 - 9.9 cm	0.035	3	0.0010		
		2	14		0.045	4	0.0016		
		3	15		0.048	5	0.0018		
		4	13		0.041	4	0.0013		
		5	10		0.032	4	0.0008		
		6	18		0.057	5	0.0026		
		7	24		0.076	6	0.0046		
		8	14		0.045	5	0.0016		
		9	12		0.038	3	0.0011		
		10	11		0.035	4	0.0010		
		11	13		0.041	4	0.0013		
		12	13		0.041	4	0.0013		
		13	15		0.048	5	0.0018		
		14	19		0.060	7	0.0029		
				14.43		0.046	4.50	0.0018	
				1	41	>10 cm	0.131	8	0.0134
				2	57		0.181	6	0.0259
			49.0		0.156	7.0	0.0196		
No.	Ubicación	No de árboles	Perímetro		DAP (mt)	altura del árbol (mt)	AB (m²)		
7	N13°32'06.6" W89°41'06.4"	1	26	2.5 - 9.9 cm	0.0828	5	0.0054		
		2	15		0.0477	4	0.0018		
		3	15		0.0477	4	0.0018		
		4	12		0.0382	3	0.0011		
		5	18		0.0573	4	0.0026		
				17.20		0.0547	4.00	0.0025	
				1	79	>10 cm	0.2515	15	0.0497
				2	74		0.2355	16	0.0436
				3	93		0.2960	17	0.0688
				4	69		0.2196	5	0.0379

No.	Ubicación	No de árboles	Perímetro		DAP (mt)	altura del árbol (mt)	AB (m²)		
7	N13°32'06.6" W89°41'06.4"	5	81		0.2578	16	0.0522		
			79.20		0.2521	13.80	0.0504		
No.	Ubicación	No de árboles	Perímetro		DAP (mt)	altura del árbol (mt)	AB (m²)		
8	N13°32'00.0" W89°41'00.0"	1	16	2.5 - 9.9 cm	0.0509	4	0.0020		
		2	14		0.0446	4	0.0016		
		3	16		0.0509	3.5	0.0020		
		4	13		0.0414	3	0.0013		
			14.75			0.0470	3.63	0.0017	
		1	89	>10 cm	0.2833	15	0.0630		
		2	36		0.1146	6	0.0103		
		3	89		0.2833	17	0.0630		
		4	43		0.1369	10	0.0147		
		5	93		0.2960	16	0.0688		
		6	75		0.2387	16	0.0448		
		7	102		0.3247	20	0.0828		
		8	45		0.1432	17	0.0161		
		9	40		0.1273	8	0.0127		
			68.00		0.2165	13.89	0.0418		
		No.	Ubicación	No de árboles	Perímetro		DAP (mt)	altura del árbol (mt)	AB (m²)
		9	N13°32'00.0" W89°41'00.0"	1	20	2.5 - 9.9 cm	0.0637	4	0.0032
2	15			0.0477	4		0.0018		
3	13			0.0414	3		0.0013		
4	14			0.0446	3		0.0016		
5	18			0.0573	4		0.0026		
6	23			0.0732	4.5		0.0042		
7	14			0.0446	4		0.0016		
	16.7143				0.0532	3.7857	0.0023		
1	45			>10 cm	0.1432	17	0.0161		
2	40				0.1273	8	0.0127		
3	93				0.2960	17	0.0688		
4	69				0.2196	5	0.0379		
	61.75				0.20	11.75	0.034		
No.	Ubicación			No de árboles	Perímetro		DAP (mt)	altura del árbol (mt)	AB (m²)
10	N13°32'00.0" W89°41'00.0"	1	16	2.5 - 9.9 cm	0.0509	4	0.0020		
		2	12		0.0382	3	0.0011		

No.	Ubicación	No de árboles	Perímetro		DAP (mt)	altura del árbol (mt)	AB (m²)
10	N13°32'00.0" W89°41'00.0"	3	18		0.0573	4	0.0026
			15.333		0.049	3.667	0.0019
		1	36	>10 cm	0.1146	6	0.0103
		2	48		0.1528	10	0.0183
		3	38		0.1210	5	0.0115
		4	115		0.3661	13	0.1052
		5	89		0.2833	15	0.0630
		6	79		0.2515	15	0.0497
		7	74		0.2355	16	0.0436
			68.4286			0.2178	11.4286

**Anexo 12. Totales de árboles de mangle cuantificados en Zonas de muestreo**

2.5 - 9.9 cm			>10 cm		
Zona 1	Zona 2	Zona 3	Zona 1	Zona 2	Zona 3
69	87	75	59	29	47
231			135		

\*. Los árboles identificados en cada una de las zonas de muestreo correspondió únicamente a Avicenia germinans (mangle negro)

**Anexo 13. Caudales en época seca y lluviosa en ríos de la cuenca del río Mandinga**

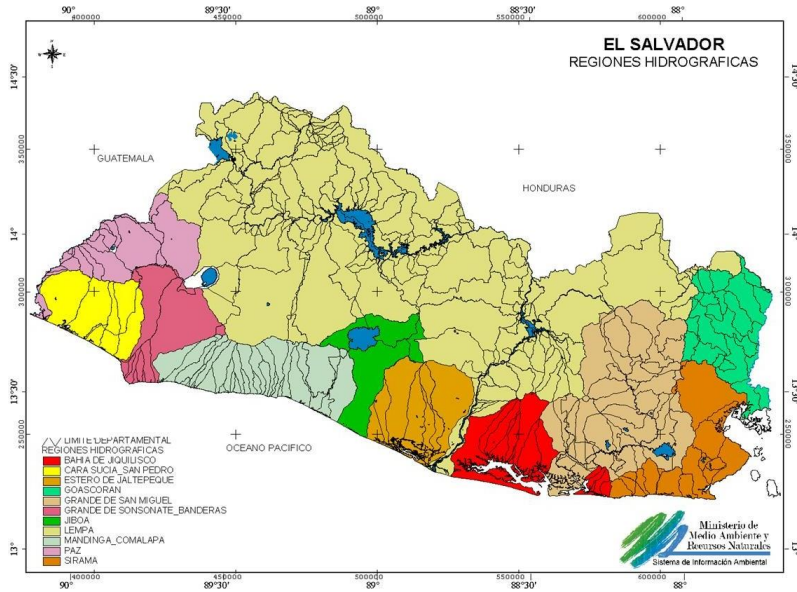
NOMBRE DEL RIO:	Pupuluya	UBICACIÓN:	Cuisnahuat	FECHA:	01-dic-17
RESPONSABLE:	Nicolas Mendez	EQUIPO:	MICROMOLINETE	PROPELA#	3

Nombre de río: Pupuluya

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Numero de vertic.	dist al punto inic. m	intervalo entre vert. m	Profundidad m	Prof de observac. m	Numero de rev. r	Tiempo ***** s	n	velocidad (m/s)			Prof prom	Area	Caudal
								punto	vertical	media en sección	en sección		
											m	m <sup>2</sup>	m <sup>3</sup> /s
9	2.25	0.25	0.30	0.18	29	30	0.97	0.25	0.25		0.30	0.074	0.017
10	2.5	0.25	0.29	0.17	24	30	0.8	0.21	0.21				
11	2.75	0.25	0.28	0.17	22	30	0.73	0.19	0.19	0.20	0.29	0.071	0.014
12	3	0.25	0.27	0.16	16	30	0.53	0.14	0.14	0.17	0.28	0.069	0.012
13	3.25	0.25	0.32	0.19	16	30	0.5	0.14	0.14	0.14	0.30	0.074	0.011
14	3.5	0.25	0.30	0.18	5	30	0.17	0.06	0.06	0.10	0.31	0.078	0.008
15	3.75	0.25	0.25	0.15	0	30	0	0.00	0.00	0.03	0.28	0.069	0.002
16	4	0.25	0.18	0.11	0	30	0	0.00	0.00	0.00	0.22	0.054	0.000
17	4.5	0.5	0.10	0.06	0	30	0.00	0.00	0.00	0.00	0.14	0.070	0.000
		0		0.00	0	30	0	0.00		0.00	0.05	0.000	0.000
CAUDAL PARCIAL (HOJA 2)													0.064
CAUDAL TOTAL (HOJA 1 + HOJA 2)													0.187

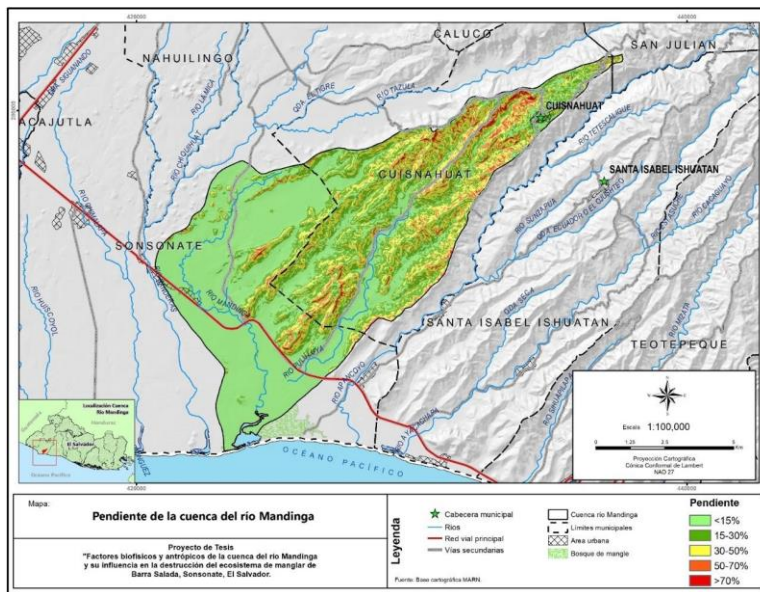
**Anexo 14. Puntos de aforo durante la época seca en la cuenca del río mandinga**

CUENCA	RÍO	FECHA DE MUESTREO	UBICACIÓN			GEORREFERENCIACIÓN		CAUDAL		OBSERVACIONES
			Municipio	Cantón	Caserío	Lat. N	Long. W	Q	Tiempo (seg)	
MANDINGA	San Lucas / Tributario De Pululuya	12 ABRIL DE 2017	Cuisnahuat	Apancoyo	San Lucas	13°36.487´	89°38.970´	5 Gl.	39.185	Quebrada tributaria a Río San Lucas
	Pululuya	12 ABRIL DE 2017	Sonsonate	Salinas de Ayacachapa		13°33.273´	89°40.977´	Río seco	N/D	No hay agua en el río
	Pululuya	12 ABRIL DE 2017	Cuisnahuat	Coquiama	Hda Tazulath	13°34.707´	89°39.712´	Río seco	N/D	Río Seco, sin embargo, se observa excavación con el fin de obtener agua a través de pozo de 2.5 MtX2.0 Mt X 2.0 Mt de prof. El uso del agua es para fines agrícolas
	San Lucas / Tributario De Pululuya	12 ABRIL DE 2017	Cuisnahuat	Coquiama	Las Marías	13°35.753´	89°39.477´	5 Gl.	15.653	Agua utilizada para lavar ropa en el río
	San Lucas / Tributario De Pululuya	12 ABRIL DE 2017	Cuisnahuat	Apancoyo	El Sitio	13°36.033´	89°39.229´	5 Gl.	15.63	Sin observaciones
	Pululuya	12 ABRIL DE 2017	Cuisnahuat	San Lucas	El Sitio	13°35.995´	89°39.240´	Agua estancada, no corre	N/D	Agua utilizada para regar cancha; para ello se utiliza una bomba de 600 Lt/Min
	Pululuya	12 ABRIL DE 2017	Cuisnahuat	San Lucas	El Sitio	13°36.002´	89°39.248´	Agua estancada, no corre	N/D	Río Casi seco, se observaron señoras lavando ropa
	Pululuya	12 ABRIL DE 2017	Cuisnahuat	San Lucas	El Sitio	13°35.986´	89°39.236´	Agua estancada, no corre	N/D	Río Casi seco, de este se obtiene agua para regar cancha de futbol
	Pululuya	12 ABRIL DE 2017	Cuisnahuat	San Lucas	Los Montes	13°36.460´	89°38.898´	Agua estancada, no corre	N/D	Cancha de futbol que es regada con agua del río; para ello utilizan una bomba de 600 Gl/min
	Pululuya	12 ABRIL DE 2017	Cuisnahuat	Agua Shuca	El Escalón	13°39.355´	89°34.899´		N/D	Acá están los nacimientos de varias familias. No hay agua que drene naturalmente y si lo hay es mínimo al punto que no se pudieron hacer las mediciones de aforos.
	Pululuya	12 DE ABRIL DE 2017	Sonsonate	Salinas de Ayacachapa	Salinas de Ayacachapa	13°33.273´	89°40.977´	Agua estancada, no corre	N/D	Sin observaciones



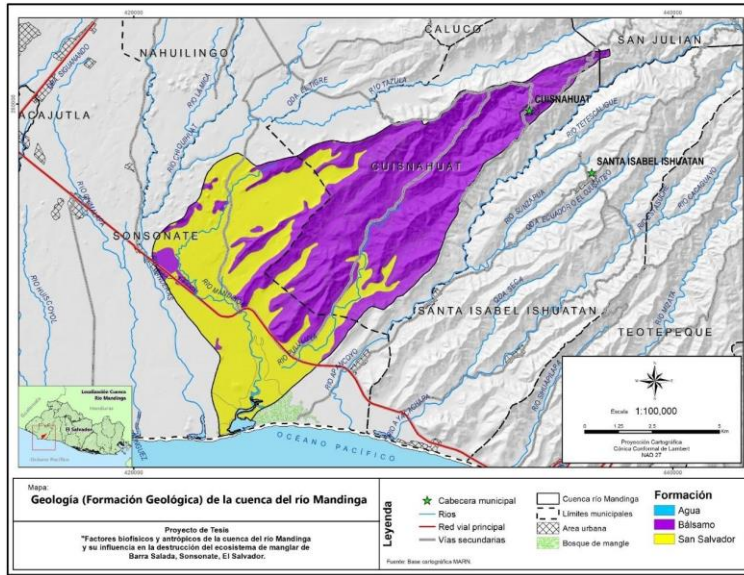
Fuente: MARN (2013).

**Anexo 15.** Regiones Hidrográficas de El Salvador

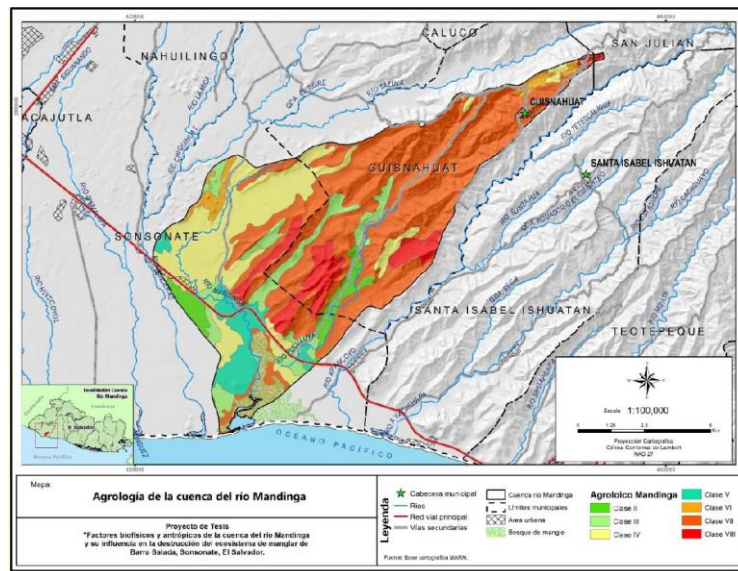


Fuente: Elaboración propia, a partir de las curvas a nivel de 10 metros en cartografía de CNR.

**Anexo 16.** Rangos de superficie de pendientes en la cuenca del río Mandinga

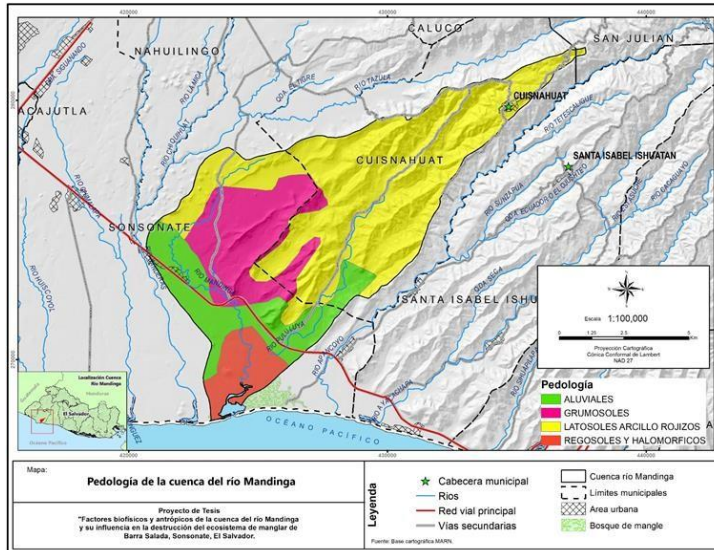


Fuente: Elaboración propia, a partir del mapa geológico 1:100000. Misión alemana 1978. Cartografía CNR.  
**Anexo 17.** Geología en la cuenca del río Mandinga.

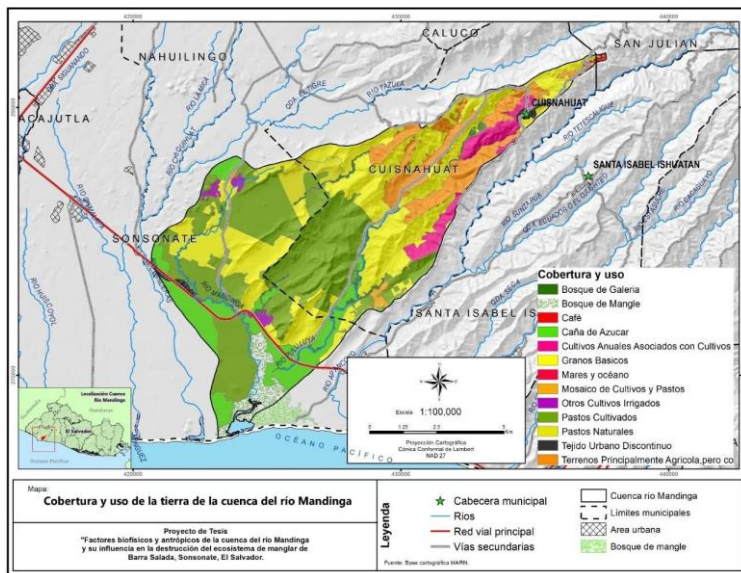


Fuente MAG (2013).  
**Anexo 18.** Clases agrologicas en el municipio de Cuisnahuat

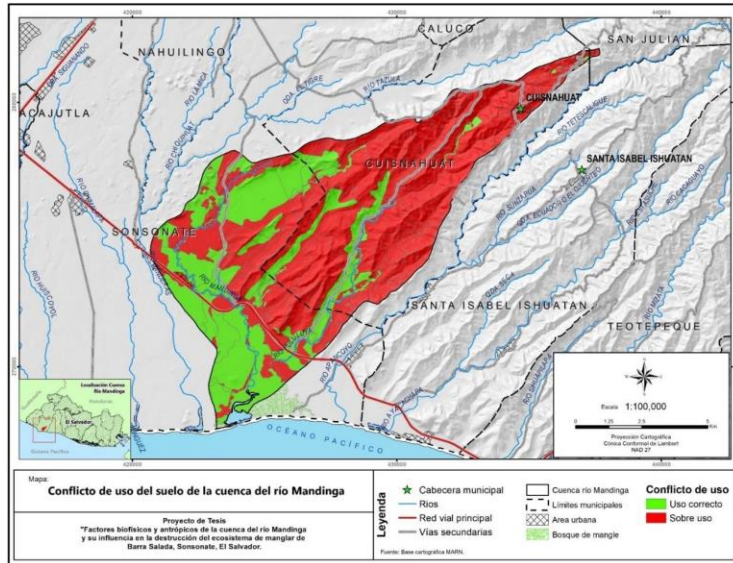




Fuente: Elaboración propia a partir de capa del levantamiento general de suelos de 1985; escala 1:100,000 del MAG. Cartografía base del CNR.  
**Anexo 19.** Pedología en la cuenca del río Mandinga

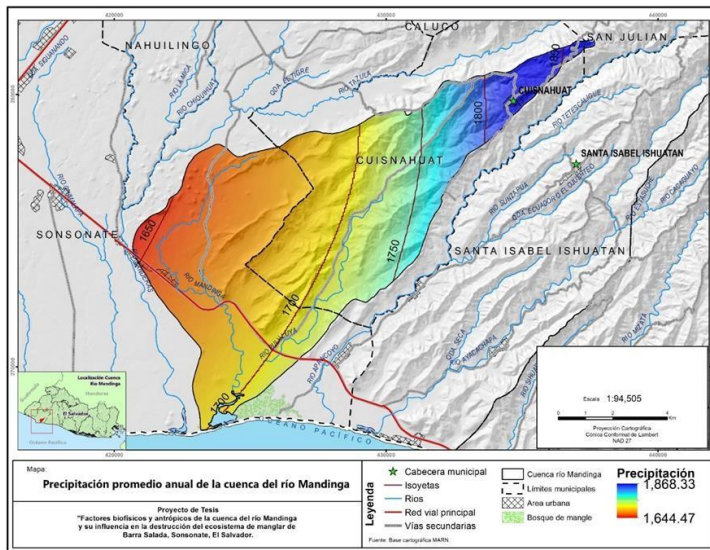


Fuente: UES/Facultad de Ciencias Agronómicas (2010).  
**Anexo 20.** Uso actual de los suelos en la cuenca del río Mandinga



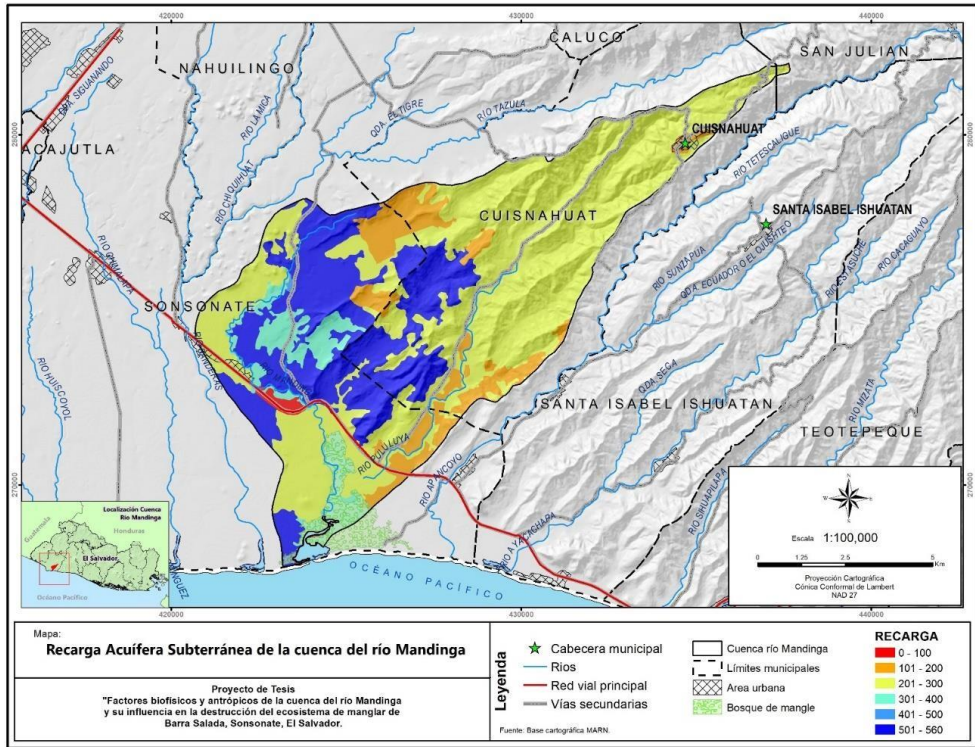
Fuente: MAG (2010)

**Anexo 21.** Conflicto de uso suelos en la cuenca del río Mandinga



FUENTE: Elaboración propia a partir de datos pluviométricos del MARN

**Anexo 22.** Precipitaciones en la cuenca Mandinga



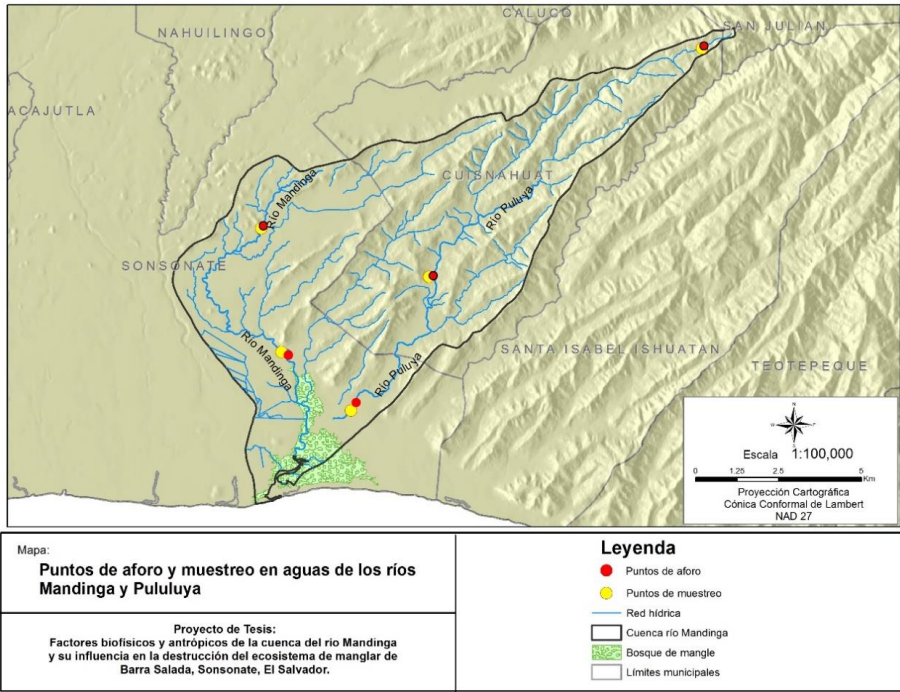
Fuente: Elaboración propia a partir de RAS-FORGAES (2005)

**Anexo 23. Recarga hídrica en cuenca Mandinga**

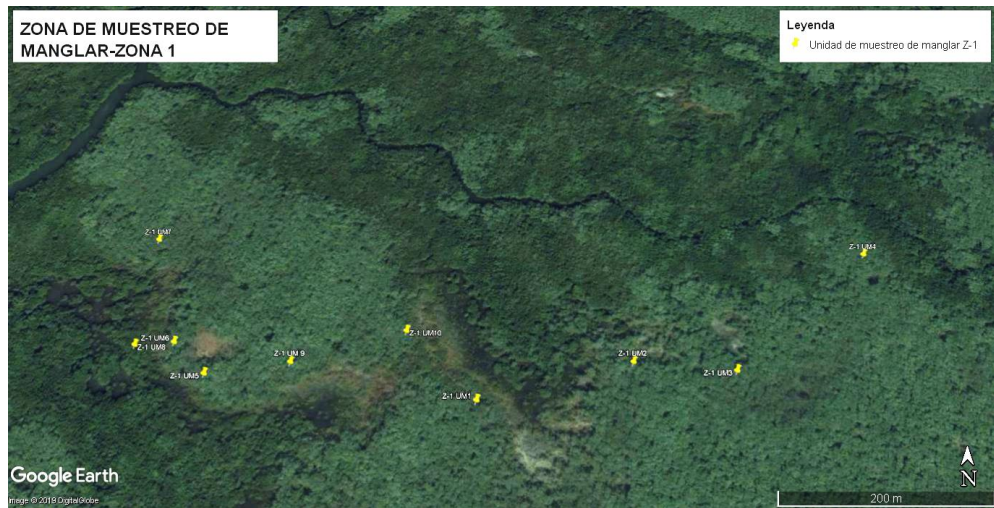


Fuente: Proyecto USAID/IMCCW/DAI (Development Alternative Incorporated), tomando como base mapa satelital de Google Earth 2018.

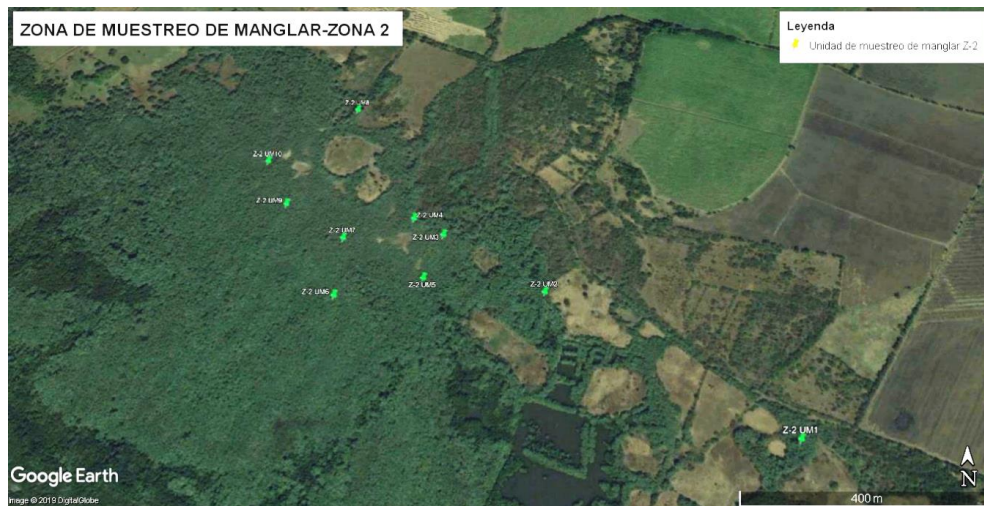
**Anexo 24. Mapa de delimitación del bosque de manglar de Barra Salada**



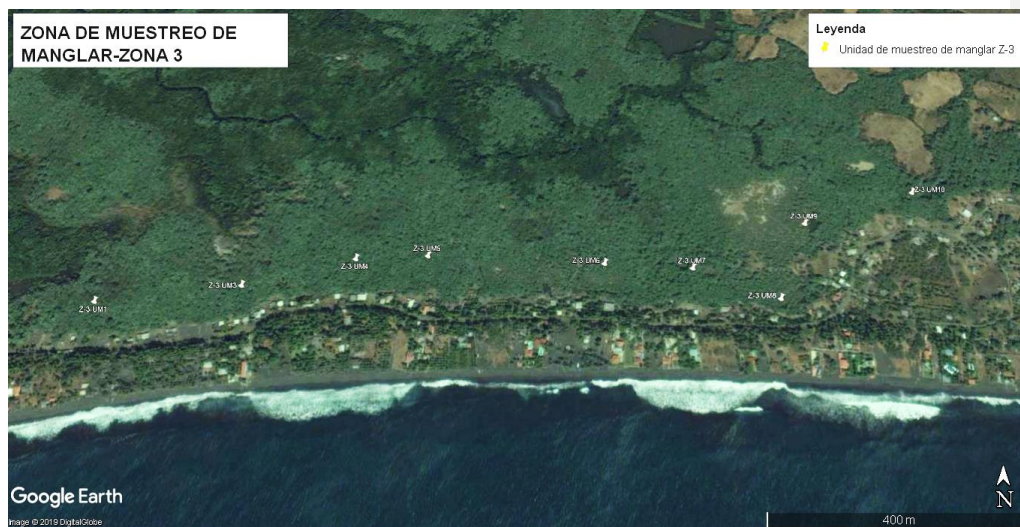
Fuente: Elaboración propia, tomando como base, mapa satelital de Google Earth 2018.  
**Anexo 25.** Zonas de medición de caudales y toma de muestras de agua en ríos Mandinga y Pululuya.



Fuente: Elaboración propia. Tomando como base mapa satelital de Google Earth 2018.  
**Anexo 26.** Ubicación de las Unidades de Muestreo de manglar en la zona 1



Fuente: Elaboración propia, tomando como base mapa satelital de Google Earth 2018.  
**Anexo 27.** Ubicación de las Unidades de Muestreo de manglar en la zona 2



Fuente: Elaboración propia, tomando como base mapa satelital de Google Earth 2018.  
**Anexo 28.** Ubicación de las Unidades de Muestreo de manglar en la zona 3



**Anexo 29.** Vista de terrenos con pasto; Cantón San Lucas, Cuisnahuat



**Anexo 30.** Vista de terrenos con cultivo de maíz (*Zea Mays*); Cantón Agua



**Anexo 31.** Vista terrenos dedicados la producción de caña de azúcar, Cantón Coquiama.



**Anexo 32.** Vista de entrada a relleno Sanitario para el departamento de Sonsonate, Cantón San Lucas, Cuisnahuat.



**Anexo 33.** Toma de muestras de agua para análisis microbiológico y físico químico en río Pululuya



**Anexo 34.** Toma de muestras de agua para análisis microbiológico y físico



**Anexo 35.** Análisis de aguas en laboratorio de Facultad de Química y Farmacia en la Universidad de El



**Anexo 36.** Aforo de río Pulumaya



**Anexo 37.** Aforo de tributarios de río Mandinga



**Anexo 38.** Impacto de inundación por cierre de bocana en comunidad de Barra Salada



**Anexo 39.** Toma de datos físico químicos y toma de muestras de agua para análisis en canales del Estero de Barra Salada



**Anexo 40.** Canales en el interior del bosque de Barra Salada; árboles de *Rizophora mangle* a la orilla de los canales