

# **ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL**

## **Facultad de Ingeniería Marítima y Ciencias del Mar**

Propuesta de una metodología para diseño de soluciones basadas en la naturaleza a fin de minimizar los efectos producidos en un evento extremo como “El Niño” en la Cabecera Parroquial de Manglaralto

### **PROYECTO INTEGRADOR**

Previo a la obtención del Título de:

**Ingeniero (a) Oceanográfico**

Presentado por:

Kevin Luis Vargas Montoya

Ricardo Adrián Vera Del Castillo

GUAYAQUIL – ECUADOR

2021

## **DEDICATORIA**

Este proyecto de titulación se lo quiero dedicar a mi abuela Mérida, que lamentablemente falleció, pero sus recuerdos y el amor que siento siguen intactos, a mis padres que nunca dejaron de creer en mí y a mi esposa Karen Carriel que me dio fuerzas para continuar y no rendirme ante las dificultades que se presentaron en el camino.

Kevin Vargas

Esta tesis está dedicada:

A mis padres Ruth Y Ricardo y a mi hermano quienes con su amor, sacrificio y esfuerzo me han permitido a cumplir esta meta. Sus consejos son parte de este logro.

A Karen Proaño por su apoyo incondicional cuando más lo necesitaba y no dejarme derrotar frente a las adversidades.

A mis amigas Emyly y Domenica por conocerlas en mi vida universitaria y apoyarme en las buenas y en las malas y tenerme paciencia.

A Victor Manuel por la paciencia y la guía de nunca se deje de estudiar y seguir hasta lo último.

Y por último a mis abuelos, a mis amigos y a mi familia les dedico con mucho amor sacrificio durante toda esta etapa universitaria por haberla cumplido.

Ricardo Vera

## **AGRADECIMIENTO**

Quiero ante todo agradecer a Dios por permitirme llegar hasta el final de este camino, a mi tutora Msc. Gina Andrade, por todo su conocimiento y amabilidad otorgada durante la realización del trabajo. También, quiero agradecer a todos los profesores que fueron parte de mi formación profesional, sin ellos no lo habría logrado. Agradezco a mi madre por acompañarme en todo este trayecto.

Kevin Vargas.

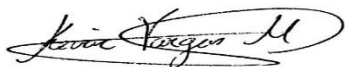
Gracias a Dios por permitirme tener a mis padres y ser el pilar fundamental en mi vida.

Agradezco a todos los docentes, a la universidad y a mi tutora de tesis M.Sc. Gina por haberme permitido formarme, obtener los conocimientos, experiencias y motivación para desarrollarme como una persona profesional. Y a mis amigos con todos los que compartí dentro y fuera de las clases.

Ricardo Vera.

## DECLARACIÓN EXPRESA

“Los derechos de titularidad y explotación, nos corresponde conforme al reglamento de propiedad intelectual de la institución; Kevin Vargas Montoya y Ricardo Vera damos nuestro consentimiento para que la ESPOL realice la comunicación pública de la obra por cualquier medio con el fin de promover la consulta, difusión y uso público de la producción intelectual”



---

**Kevin Vargas Montoya**



---

**Ricardo Vera Del Castillo**

# EVALUADORES

---

**MSc. Luis Miguel**

**Altamirano**

PROFESOR DE LA MATERIA

---

**MSc. Gina Andrade García**

PROFESOR TUTOR

## RESUMEN

El estudio propone diseñar una metodología para plantear soluciones basadas en la naturaleza (SbN) revitalizando los ecosistemas que brindan protección natural frente a los efectos negativos como las inundaciones por las fuertes precipitaciones durante un evento anómalo como “El Niño”. La propuesta metodológica para el diseño de SbN, fue dividida en tres fases priorizando la toma de decisiones en el ámbito ambiental, se inició con una recolección de datos primarios mediante el análisis cronológico de imágenes satelitales y aplicación de un cuestionario a los habitantes de la cabecera parroquial de Manglaralto. Los resultados mostraron que el 28% de los habitantes indicaron que las precipitaciones, seguidas de las inundaciones son las principales afectaciones del fenómeno “El Niño”. Además, se establecieron factores de decisión ecológicos y ecosistémicos para la selección de la SbN más adaptable con la participación y coproducción de la ciudadanía y posteriormente, se elaboró el predimensionamiento de la solución. El estudio demostró que la laguna diseñada absorbe y almacena agua similar a un humedal continental (zona de inundación natural), la cual retiene el volumen de  $3515,67\text{m}^3$  que se genera durante una creciente del fenómeno de “El Niño”. Además, se calculó que la infiltración que se produce en la laguna es de  $5,66 \times 10^{-3}\text{m}^3$  cada segundo, lo que representa un volumen de  $535.455\text{m}^3$  en tres años el cual se aproxima a los  $593.177\text{m}^3$  que consumieron en el año 2016. Por consiguiente, es fundamental entender el comportamiento de la naturaleza para optar por soluciones semejantes a ecosistemas naturales.

**Palabras claves:** Soluciones Basadas en la Naturaleza, Fenómeno “El Niño”, Inundaciones, Laguna de Infiltración

## **ABSTRACT**

*The study establishes the design of a methodology to propose nature-based solutions (SbN) that revitalize ecosystems which provide natural protection against negative effects such as floods due to torrential rains during an anomalous event such as “El Niño”. The methodological proposal for the design of SbN was divided into three phases that prioritize decision-making in the environmental field, it began with a collection of primary data through the chronological analysis of satellite images and application of a questionnaire to the inhabitants of the area parish head of Manglaralto. The results showed that 28% of the inhabitants indicated that the rains, followed by the floods are the main effects of the “El Niño” phenomenon. In addition, ecological and ecosystemic decision factors were established for the selection of the most adaptable SbN with the participation and co-production of citizens, and subsequently, the pre-dimensioning of the solution was elaborated. The study showed that the designed lagoon absorbs and stores water similar to a continental wetland (natural flood zone), which retains the volume of 3,515.67m<sup>3</sup> that is generated during a flood of the “El Niño” phenomenon. In addition, it was calculated that the infiltration that occurs in the lagoon is 5.66x10<sup>-3</sup>m<sup>3</sup> every second, which represents a volume of 535,455m<sup>3</sup> in three years, which is close to the 593,177m<sup>3</sup> consumed in 2016. Therefore, it is essential to understand the behavior of nature to select solutions similar to natural ecosystems.*

**Keywords:** *Gray infrastructures, phenomenon of "El Niño", Floods, Water deficit, Nature-Based Solutions, Infiltration Lagoon.*

# ÍNDICE GENERAL

RESUMEN.....	I
ABSTRACT .....	II
ABREVIATURAS .....	VI
SIMBOLOGÍA .....	VII
ÍNDICE DE FIGURAS.....	VIII
ÍNDICE DE TABLAS.....	X
ÍNDICE DE ECUACIONES.....	XII
CAPÍTULO 1.....	1
1. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1. Descripción del problema.....	3
1.2. Justificación del problema.....	5
1.3. Objetivos.....	6
1.3.1. Objetivo general.....	6
1.3.2. Objetivos específicos.....	6
1.4. Marco Teórico.....	7
1.4.1. Fenómeno “El Niño”.....	7
1.4.2. Parámetros afectados por eventos “El Niño” .....	8
1.4.2.1. Anomalías de la Temperatura Superficial del Mar.....	8
1.4.2.2. Regiones de “El Niño” .....	9
1.4.2.3. Corrientes Oceánicas.....	11
1.4.3. Efectos del Fenómeno “El Niño” .....	12
1.4.3.1. Efectos en Sudamérica .....	12
1.4.3.2. Afectaciones del fenómeno de “El Niño” a nivel costero en Ecuador	
13	
1.4.4. Servicios ecosistémicos.....	15



Fuente: (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y Agricultura, 2020).....	16
1.4.5. Soluciones basadas en la naturaleza .....	16
1.4.6. Revisión Literaria .....	17
1.4.7. Marco Legislativo.....	21
CAPÍTULO 2.....	25
2. Metodología.....	25
2.1. Diagrama de las fases del proyecto .....	26
2.2. Fase I: Recopilación de datos.....	26
2.2.1. Recolección de datos a través de cuestionario .....	27
2.2.1.1. Cálculo de la muestra.....	27
2.2.2. Análisis de la zona de estudio a través de imágenes satelitales .....	28
2.3. Fase II: Análisis de las soluciones basadas en la naturaleza .....	28
2.3.1. Método de identificación de los factores de decisión.....	29
2.3.2. Proceso de planteamiento de las alternativas SbN .....	29
2.3.3. Matriz de Puntuación - Ponderación.....	30
2.4. Fase III: Desarrollo del modelo conceptual de la alternativa seleccionada.....	31
CAPÍTULO 3.....	40
3. Análisis y Resultados.....	40
3.1. Fase I: Recopilación de Datos .....	40
3.1.1. Resultados de datos primarios mediante encuestas .....	40
3.1.2. Variación cronológica de las zonas de estudios a través de imágenes satelitales.....	44
3.2. Fase II: Análisis De Las Soluciones Basadas En La Naturaleza .....	47
3.2.1. Análisis de la Línea Base Ambiental.....	47
3.2.1.1. Meteorología .....	47
3.2.1.2. Hidrología de Manglaralto .....	49
3.2.1.3. Uso de suelo .....	54
3.2.1.4. Factores biótico y abiótico de la cabecera parroquial de Manglaralto	57
3.2.1.5. Servicios Ecosistémico Manglaralto .....	60

3.2.2.	Estudio Socioeconómico de la situación actual de Manglaralto .....	62
3.2.3.	Planteamiento y análisis de las Alternativas de Soluciones Basadas en la Naturaleza.....	64
3.2.4.	Selección de la Soluciones Basada en la Naturaleza.....	67
3.2.4.1.	Matriz de Calificación de Ámbitos .....	68
3.2.4.2.	Matriz de Calificación de factores por cada ámbito .....	68
3.2.4.3.	Matriz de calificación de Alternativas .....	72
3.2.4.4.	Matriz de Puntuación Ponderación o Priorización de alternativas....	73
3.3.	Fase III: Desarrollo del Modelo Conceptual de Alternativa Seleccionada	75
3.3.1.	Determinación de la Ubicación .....	75
3.3.2.	Determinación de parámetros del diseño conceptual .....	78
3.3.3.	Realización del Prediseño .....	85
CAPÍTULO 4.....		88
4.	Conclusiones y Recomendaciones.....	88
4.1.	Conclusiones .....	88
4.2.	Recomendaciones .....	90
5.	Bibliografía.....	91
ANEXOS.....		98

# ABREVIATURAS

ESPOL	Escuela Superior Politécnica del Litoral
MCI	Manejo Costero Integrado
PMRC	Programa de Manejo de Recursos Costeros
GEI	Gases de efecto invernadero
SbN	Soluciones basadas en la naturaleza
SE	Servicios ecosistémicos
INTA	El instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria
ENOS	El Niño Oscilación Sur
OMM	Organización Meteorológica Mundial
TSM	Temperatura superficial del mar
NCEI	National Centers for Environmental information
CEPAL	Comisión Económica para América latina y el Caribe
IUCN	International Union for Conservation of Nature
FONAG	Fondo de conservación del agua de Quito
ODS	Objetivos de Desarrollo Sostenible
CEAC	Centro de Estudios Ambientales de Cienfuegos
INEC	Instituto Nacional de Estadística y Censo

# SIMBOLOGÍA

mil	milésima de pulgada
mg	miligramo
pH	Potencial de Hidrógeno
m	Metro
mV	Milivoltio
Cu	Cobre
Ni	Níquel
C	Carbono
Mn	Manganeso
P	Fósforo

# ÍNDICE DE FIGURAS

Ilustración 1.1. Regiones El Niño, definidas por la comunidad científica internacional con fines de seguimiento y vigilancia de los fenómenos del Ciclo ENOS. ....	9
Ilustración 1.2. Temperatura superficial del Mar durante "El Niño" y "La Niña" .....	9
Ilustración 1.3. Regiones El Niño, definidas, por la comunidad científica internacional. ....	11
Ilustración 1.4. Aparición del evento "El Niño" .....	12
Ilustración 1.5. Tipos de servicios ecosistémicos. ....	16
Ilustración 2.1. Diagrama de Flujo de la Metodología .....	26
Ilustración 2.2. Gráfico comparativo entre una estructura gris y una solución basada en la naturaleza. ....	30
Ilustración 2.3. Sección de canal trapezoidal. Fuente: AutoCAD .....	33
Ilustración 2.4. Cuenca media, tramo AB. Fuente: (Catuto, 2019) .....	34
Ilustración 3.1. Edad y Ocupación de Manglaralto .....	40
Ilustración 3.2. Eventos de "El Niño" vividos por la comunidad .....	41
Ilustración 3.3. Efectos del Fenómeno "El Niño" más conmemorativos.....	41
Ilustración 3.4. Daños físicos asociados a los efectos del Fenómeno "El Niño" .....	42
Ilustración 3.5. Actividades más afectadas durante el evento "El Niño" .....	43
Ilustración 3.6 Validación de Metodología por parte de la comunidad de Manglaralto ..	43
Ilustración 3.7. Vista satelital en Manglaralto 1982, 2006, 2016 y 2019 .....	46
Ilustración 3.8. Precipitación Mensual de Manglaralto.....	48
Ilustración 3.9. Morfología de la cuenca y pozos perforados. ....	50
Ilustración 3.10. Localización de los pozos en la parroquia Manglaralto .....	51
Ilustración 3.11. Entorno del sistema río-acuífero costero Manglaralto .....	52
Ilustración 3.12. Área disponible para la implementación de la solución. ....	56
Ilustración 3.13. Perímetro (cm) y área (m) del área disponible. ....	56
Ilustración 3.14. Zona de bosque-Sistema natural de infiltración. ....	66
Ilustración 3.15. Formación de acuífero y manantial. ....	66
Ilustración 3.16. Formación de Pantano y Lago. ....	67
Ilustración 3.17. Visita superior del Río Manglaralto.....	75
Ilustración 3.18. Localización de la Laguna de Infiltración.....	77
Ilustración 3.19. Sección trapezoidal del río. ....	80
Ilustración 3.20. Vista en planta de la laguna de infiltración. ....	85

Ilustración 3.21. Dimensiones del aliviadero.....	86
Ilustración 3.22. Dimensiones de la laguna de infiltración. ....	87
Ilustración 5.1. Inundaciones por fenómeno "El Niño" 2015 .....	100
Ilustración 5.2. Toma de encuestas en Manglaralto .....	101
Ilustración 5.3. Socialización del Proyecto con miembros de JAAPMAN .....	102
Ilustración 5.4. Toma de datos en los diques de Manglaralto.....	103
Ilustración 5.5. Entrevista con expertos .....	104
Ilustración 5.6. Cuenca de Manglaralto .....	105
Ilustración 5.7. Área de Estudio de Manglaralto .....	105

# ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.1. Daños de mayor impacto por el evento "El niño" en países Sudamericanos 1997-1998 .....	13
Tabla 1.2. Daños de mayor impacto por el evento "El niño" en países Sudamericanos 2015-2016 .....	13
Tabla 1.3. Afectaciones del Fenómeno de "El niño" .....	14
Tabla 1.4. Respuesta del ecosistema en función de un evento natural extremo .....	17
Tabla 2.1. Cálculo de la Muestra .....	28
Tabla 2.2. Datos tomados in situ .....	32
Tabla 2.3. Datos de la revisión literaria.....	32
Tabla 2.4. Caudales en el tramo AB .....	34
Tabla 2.5. Subcuencas del tramo AB con su tiempo de concentración. ....	36
Tabla 2.6. Pérdidas de agua según el tipo de suelo .....	38
Tabla 3.1. Datos de clima Manglaralto .....	47
Tabla 3.2. Mareas observadas en Monteverde durante el año 1988 entre el 16 de junio y el 1 de julio .....	49
Tabla 3.3. Estado de la Red Hidrográfica de Manglaralto .....	52
Tabla 3.4. Principales características del Sistema Río-Acuífero Costero Manglaralto ..	54
Tabla 3.5. Superficie de Uso de Suelo .....	55
Tabla 3.6. Plan Ordenamiento Territorial de Manglaralto (PDOT), 2019-2023.....	57
Tabla 3.7. Factores Abióticos .....	59
Tabla 3.8. Tipos de Servicios Ecosistémicos.....	60
Tabla 3.9. Factores de decisión en el ámbito ambiental.....	61
Tabla 3.10. Factores de decisión en el ámbito técnico .....	62
Tabla 3.11. Factores de Decisión en el ámbito de Económico .....	64
Tabla 3.12. Factores de Decisión en el ámbito de Social .....	64
Tabla 3.13. Calificación de ámbitos .....	68
Tabla 3.14. Calificación del factor ambiental .....	70
Tabla 3.15. Calificación del factor social.....	70
Tabla 3.16. Calificación del ámbito técnico.....	71
Tabla 3.17. Calificación del ámbito económico.....	71
Tabla 3.18. Calificación de alternativas de acuerdo al nivel de jerarquización .....	72

Tabla 3.19. Matriz de Priorización de alternativas .....	74
Tabla 3.20. Variación del ancho y resultados del caudal .....	80
Tabla 3.21. Variación del ancho y resultados del caudal .....	81
Tabla 3.22. Variación del ancho y resultados del caudal .....	81
Tabla 3.23. Porcentaje de pérdida con una distancia de 23m tomada in situ .....	82
Tabla 3.24. Datos tomados in situ .....	83
Tabla 3.25. Dimensiones de la laguna de infiltración.....	84
Tabla 5.1. Costos para la implementación de SbN.....	106



# ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación 2.1 Fórmula para el cálculo de la muestra .....	28
Ecuación 2.2. Cálculo de puntaje ponderado .....	31
Ecuación 2.3. Cálculo para el promedio del ancho del río.....	32
Ecuación 2.4. Cálculo área mojada. Fuente: (Chow, 1994).....	33
Ecuación 2.5. Cálculo del radio hidráulico. Fuente: (Chow, 1994).....	33
Ecuación 2.6. Cálculo del caudal de diseño .....	33
Ecuación 2.7. Cálculo porcentaje de pérdida por infiltración .....	35
Ecuación 2.8. Cálculo pérdida de caudal por infiltración .....	35
Ecuación 2.9. Cálculo tiempo de concentración. Chow (1994).....	37
Ecuación 2.10. Cálculo del volumen de diseño. Fuente: Chow (1994).....	37
Ecuación 2.11. Cálculo de dimensiones preliminares.....	37
Ecuación 2.12. Cálculo de la profundidad .....	37
Ecuación 2.13. Cálculo de altura total .....	38
Ecuación 2.14. Cálculo del perímetro mojado. Fuente: (Catuto, 2019) .....	38
Ecuación 2.15. Cálculo del área mojada. Fuente: (Catuto, 2019) .....	39
Ecuación 2.16. Cálculo de pérdida por infiltración dentro de la laguna. Fuente: (Catuto, 2019) .....	39
Ecuación 3.1. Altura total de agua .....	79

# CAPÍTULO 1

## 1. INTRODUCCIÓN

Desde antes del siglo XIX, el Imperio Romano debido a su crecimiento económico y poblacional se vio en la necesidad de interferir en los procesos naturales como la acreción, erosión y el fuerte oleaje producido durante tormentas costeras. En la época de la Revolución Industrial, se produjo una transformación de las actividades económicas, sociales y tecnológicas que permitían el desarrollo de las sociedades, incrementando una acumulación de los gases de efecto invernadero (GEI)<sup>1</sup> en la atmósfera terrestre. Este incremento produjo cambios en el clima de una manera acelerada, lo que desencadenó un aumento en las temperaturas del aire, suelo y océanos. (Salas & Maldonado, 2020).

En la actualidad se busca mantener la temperatura global por debajo de los 2 grados Celsius (°C) con la finalidad de minimizar los efectos y la frecuencia con la que se producen los fenómenos naturales. (Naciones Unidas, 2015) Sin embargo, durante el siglo XX fue evidente que uno de los fenómenos que se potenció ha sido el fenómeno de “El Niño” producto del cambio climático, el cual registró incrementos drásticos del nivel del mar, aumento de precipitaciones, intensificación de marejadas, intrusión del agua de mar y con ello contaminación salina de las aguas subterráneas. (Espinoza, 1996)

Este fenómeno considerado como un patrón climático, genera también alteraciones en las temperaturas del Océano Pacífico Central y Oriental. Dicha alteración del océano con la atmósfera tuvo relación con tres eventos extremos relevantes que han ocurrido a través del tiempo, en los años de 1982, 1997 y 2015; este último conocido como “Súper Niño”, sobrepasaron los límites de temperatura promedio del mar oscilando entre los 5 °C y 10 °C, lo que agudizó las catástrofes como inundaciones por desbordamiento de ríos, tormentas costeras, aumento de la frecuencia e intensidad de los ciclones, blanqueamiento de corales, sequías, incendios forestales y elevación de la superficie del mar (Enfield, 2020).

---

<sup>1</sup> Los gases de efecto invernadero son la acumulación de gases naturales como: vapor de agua, dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), ozono (O<sub>3</sub>), metano (CH<sub>4</sub>) y óxido nitroso (N<sub>2</sub>O).

Como respuesta a las afectaciones del fenómeno de “El Niño”, los ingenieros costeros han planteado y ejecutado como soluciones rápidas las obras de infraestructura gris tales como: diques, enrocados, espigones, entre otras; pero este tipo de obras, inclusive, demanda mayor uso de materia prima como la arena, rocas, y otros elementos similares. Estos recursos son extraídos en su mayoría de manera desmesurada de los ecosistemas marino-costero, un ejemplo es la playa “Ribeira Gabala” ubicada en la República Democrática Del Congo donde sus habitantes se dedican a la extracción de arena de manera artesanal y eso ha desencadenado una pérdida de los ecosistemas que brindan protección natural (Denis Delestrac, 2012). Similar situación se dio en la cabecera parroquial de Manglaralto donde se realizó la extracción de materia prima como arena y roca ripio del río para actividades como: asfalto de calles, relleno para la construcción del malecón, enlucido de la estructura del malecón, entre otras. La construcción del malecón ocasionó la canalización del río, deforestación de la ribera, cambios en su forma, profundidad y rugosidad del fondo a causa de extracción de los diferentes estratos de suelos, de tal manera que este sitio, también ha sufrido una pérdida de ecosistemas que ofrecían protección natural.

Es así que se propone buscar alternativas de soluciones basadas en la naturaleza (SbN) que permitan revitalizar aquellos ecosistemas que están debilitados en sus servicios o están desaparecidos por aspectos naturales o por acción del hombre. Se puede mencionar algunas SbN tales como: lagunas de infiltración, sistema de vegetación, arborización de la ribera del río, entre otras, que a su vez cumplen con diferentes funcionalidades como filtros de contaminantes terrestres, barreras naturales frente a los fenómenos de nivel atmosférico, mitigantes del impacto ambiental producto de la acumulación de GEI, y que de manera simultánea permiten la conservación de los hábitats de diferentes especies de vida silvestre y la capacidad del entorno para adaptarse y auto-sustentarse ante un evento extremo.

Todos estos antecedentes llevan a proponer una metodología para el diseño de soluciones basadas en la naturaleza, donde se prioriza el ámbito ambiental por lo cual es necesario identificar los factores bióticos, abióticos y servicios ecosistémicos de la zona de estudio para optar por la solución más adaptable. Dentro de esta propuesta es importante verificar la predisposición de la comunidad al implementar soluciones

amigables con el ambiente, ya que la participación y coproducción de la ciudadanía permite complementar el proceso metodológico desde la identificación del problema, selección de la SbN más adaptable y la determinación del lugar más favorable para su prediseño. A diferencia de las infraestructuras tradicionales de hormigón que se diseñan con la precaución de minimizar el impacto ambiental y mayormente enfocadas en un ámbito técnico y económico, en esta propuesta metodológica se busca identificar los recursos de la naturaleza, entender el comportamiento para restaurar los ecosistemas y potenciar la protección natural que estos brindan, aunque se debe tener presente que las SbN son soluciones con beneficios potenciados a través del tiempo. Por tal razón las SbN han sido poco estudiadas, dado a que se ha evidenciado la casi nula participación de la comunidad y se ha diseñado soluciones a corto plazo, esto demuestra la importancia de la socialización de estas obras ecoamigables para avanzar hacia comunidades resilientes y ecosistemas autosustentables

### **1.1. Descripción del problema**

En 1858, Manglaralto vivió un auge comercial con la explotación de recursos como: la paja toquilla, frutos costeros (plátano, cascarilla, la caña de azúcar, piña, guayaba) y la tagua obtenidos de las montañas de la Cordillera Chongón-Colonche. Este desarrollo económico permitió la inmigración comercial para que ciudadanos de diversas partes del Ecuador llegaran a radicarse en este sitio. Para 1861, Manglaralto fue considerada como parroquia y fuente principal de ingresos del cantón Santa Elena debido a su comercio, desarrollo de industrias, agricultura y puerto.

Este desarrollo económico se vio afectado por una crisis de producción agropecuaria, alta presión sobre la floresta, comportamientos oceánicos y atmosféricos tales como: aumento del nivel del mar y cambios en la morfología de la playa afectaron a las operaciones portuarias, e incentivaron a la realización de actividades como la deforestación del manglar, es así como se produjo la pérdida del distrito aduanero perteneciente a la parroquia Manglaralto. (Coastal Resources Center, 1993) Entre el año 1982 – 1983, se produjo un evento climático con los más grandes efectos destructivos presenciados hasta esa época. El fenómeno de “El Niño” traía consigo precipitaciones tan fuertes que generaban el desborde de ríos, inundaciones en los poblados y una

erosión hídrica en las riberas del río. Las pérdidas ascendían a decenas de vidas y miles de hectáreas de agricultura destruidas. (Instituto Nacional Oceanográfico de la Armada [INOCAR], 1996)

Asimismo, en el fenómeno “El Niño” que se desarrolló en los años 1997-1998, Manglaralto presencié la pérdida de calles producto del fuerte oleaje. En el cuestionario que se realizó para la identificación de daños físicos, servicios ecosistémicos, entre otros los habitantes de Manglaralto coincidieron en que las fuertes precipitaciones produjeron el desbordamiento del río, lo que afectó a sectores de agricultura, ganadería, silvicultura y daños en más de 300 viviendas. Como respuesta ante este problema, se proyectaron realizar obras para evitar el desbordamiento del río y retener el agua para su consumo en la cuenca media y alta del río Manglaralto tales como: diques y tapes, entre otras.

Dichas obras no han sido la respuesta más eficaz debido a que, para el año 2015, se evidenció aún la presencia de grandes problemas como: inundaciones, desborde de ríos y deslizamiento de tierras. Por otra parte, el crecimiento demográfico y turístico aumentó el consumo de agua, el cual pasó de 123951 m<sup>3</sup> en el 2008 a 683177 m<sup>3</sup> en el 2015, desencadenando la escasez de agua en su acuífero, el único que los abastece del líquido vital. (Franco et al., 2019) En el año 2018, la construcción de un Malecón en la cuenca baja del río que, si bien es un atractivo turístico para Manglaralto, canaliza el flujo del río, y en algún momento éste podría reclamar su espacio de desembocadura. Este tipo de construcciones sin enfoque ecosistémico retienen el transporte natural de los sedimentos, los cuales cumplen funciones vitales en los ríos como: el desarrollo del cauce en los cambios de forma, ancho, profundidad, formación de bancos de arena y minimizan la degradación del fondo recuperando las partes erosionadas. (Agualia, 2014) Este mal manejo de los recursos afecta de manera ambiental, económica y social a la población cercana a la fuente. Por esta razón, se debe utilizar los recursos conociendo que son finitos y garantizando un manejo integral de los mismos que permita satisfacer las necesidades presentes y futuras. Adicionalmente, se debe crear una planificación urbana amigable con el ambiente que no quite espacio a los ecosistemas naturales, así se garantiza un desarrollo sostenible (Moreno, 2020).

En resumen, las actividades desarrolladas por el hombre como: deforestación del manglar, obras de infraestructura costera en zona frágiles (ríos, bosques, manglares, entre otras), desinformación y desconocimiento del manejo integral de los servicios ecosistémicos (SE) han producido un impacto negativo en las comunidades costeras como “Manglaralto”, es así, que nace la necesidad de promover una convivencia armónica con el ambiente a fin de buscar alternativas diferentes que permitan conservar los ecosistemas naturales, siendo el primer paso hacia el diseño de soluciones de adaptación ecosistémica y a la generación de una metodología cimentada en SbN para lograr comunidades sustentables, pues ya no se trata de seguir fomentado una resistencia ante los eventos naturales; sino que a través de la ingeniería se busque reconocer la inteligencia, resiliencia y autorregulación de los ecosistemas.

## **1.2. Justificación del problema**

Por lo anteriormente mencionado, se evidencia la necesidad con la que nace este proyecto investigativo. El presente trabajo tiene como finalidad elaborar un proceso metodológico para realizar un dimensionamiento y prediseño de una SbN, donde se realiza un análisis de la línea base ambiental y estudio de la situación socioeconómica para identificar los factores ecológicos y ecosistémicos de decisión fundamentales en la selección de la alternativa más adaptable al área de estudio. Este proceso de diseño se aplicará para el análisis y solución de un problema recurrente en la Cabecera Parroquial de Manglaralto sobre todo en la época donde se presentan eventos atmosféricos como “El Niño”.

La solución seleccionada permitirá obtener múltiples ventajas que minimizarán los principales problemas desencadenados por un evento recurrente como el fenómeno de “El Niño” en la cabecera parroquial de Manglaralto. El déficit hídrico y las inundaciones son los problemas más relevantes que serán solucionados, dando lugar al cumplimiento de ciertos objetivos de desarrollo sostenible como la disponibilidad del agua potable, creación de comunidades sostenibles, concientización sobre un consumo responsable, y adaptación de medidas resilientes contra el cambio climático.

Proponer este tipo de metodología basada en la naturaleza, podría motivar a los organismos gubernamentales y privados a incrementar los incentivos y el financiamiento de proyectos ecológicos en la constante búsqueda de la preservación de los ecosistemas que presentan mayor vulnerabilidad frente a eventos climáticos y a las actividades de desarrollo humano. La metodología planteada en este proyecto investigativo se diferencia de los procesos tradicionales de la ingeniería al diseñar obras de desarrollo y protección, puesto que prioriza los factores ecosistémicos y ecológicos para la selección de la solución más adaptable al ecosistema de estudio. Además, consta con la participación de la ciudadanía desde la identificación del problema hasta el prediseño de la solución planteada, debido a que los habitantes son una fuente primaria de datos para la identificación de las afectaciones, tipo de hábitats y recursos ecosistémicos que posee la zona de estudio. Así también, abrirá el camino para futuras investigaciones y será el primer paso para romper el paradigma frente a una sociedad que tiene como cultura ejecutar soluciones rápidas y tradicionales y que no toma en cuenta las afectaciones negativas a mediano y largo plazo en la zona de estudio.

### **1.3. Objetivos**

#### **1.3.1. Objetivo general**

Elaborar una metodología de diseño de soluciones basadas en la naturaleza, mediante el análisis ambiental, social, técnico y económico de la zona de estudio con la coproducción de la comunidad que permita seleccionar la alternativa más adaptable revitalizando los ecosistemas que brindan protección natural durante un evento extremo como “El Niño”.

#### **1.3.2. Objetivos específicos**

- Identificar las soluciones basadas en naturaleza que se puedan plantear como alternativas ecoamigables para prevenir las inundaciones en la Cabecera Parroquial de Manglaralto.

- Determinar cuantitativamente con el uso de cuestionarios y cualitativamente a través de la observación histórica satelital de imágenes las afectaciones que se producen en los ecosistemas durante un evento extremo como “El Niño”
- Analizar el ámbito técnico, social, económico y ambiental de las alternativas planteadas en la Cabecera Parroquial de Manglaralto.
- Realizar una matriz de priorización de las alternativas para la selección de la SbN tomando en cuenta principalmente los factores de decisión ecológicos y ecosistémicos.
- Determinar la ubicación con la participación de la ciudadanía y la JAAPMAN para el predimensionamiento de la solución escogida.
- Desarrollar el modelo conceptual de la solución a través de la toma de parámetros in situ de manera conjunta con el técnico de la JAAPMAN
- Elaborar el prediseño de la alternativa seleccionada con la finalidad de ejemplificar de manera gráfica el funcionamiento de la solución seleccionada, mediante el uso de AutoCAD.

#### **1.4. Marco Teórico**

En el presente documento se describen los conceptos básicos relacionados con el fenómeno “El Niño” como su definición y efectos. Otras definiciones que se deben revisar son los servicios ecosistémicos, soluciones basadas en la naturaleza, lo cual permite plantear una alternativa apta para el área de estudio. Además, se realiza la revisión literaria de las diferentes alternativas utilizadas para el beneficio del ecosistema de manera nacional e internacional.

##### **1.4.1. Fenómeno “El Niño”**

El Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA) (2018) menciona que, la denominación “El Niño” fue dada por pescadores de Perú, ya que se referían a una corriente cálida en época navideña y a la celebración del nacimiento del niño Jesús. El evento El Niño Oscilación Sur (ENOS) es considerado un patrón climático que se caracteriza por cambios en las temperaturas del océano pacifico central y oriental, altas precipitaciones y variaciones en los vientos lo cual se da con un periodo de 2 a 7 años.



Esta Alteración océano-atmosférica, se la clasifica como un evento climático de manera global, esta serie de anomalías como: la temperatura superficial, disminución de los vientos alisios, se concentran la mayor parte en el Pacífico Oriental Tropical (Comunidad Andina , 2009)

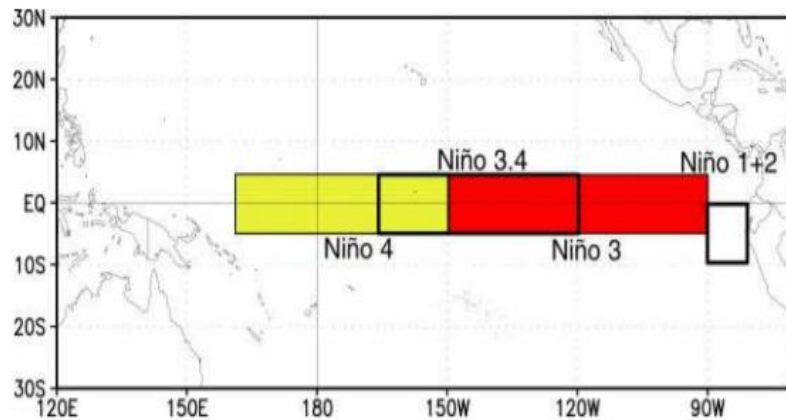
El Niño 2015-2016 mediante declaración por la Organización Meteorológica Mundial (OMM) se lo considera de los más fuertes desde 1950 (Organización Meteorológica Mundial [OMM], 2016), ya que hubo una mayor alteración en la temperatura superficial del mar, la cual tuvo un rango entre 28° a 35°C y las precipitaciones mensuales tuvieron un rango entre 600 a 820 mm. La fase cálida de este fenómeno suscitado en este periodo duro entre 8 a 10 meses. (INTA, 2018).

#### **1.4.2. Parámetros afectados por eventos “El Niño”**

Los siguientes parámetros son considerados para identificar las anomalías que se producen durante un evento “El Niño”, estas anomalías tienen influencia directa en los niveles de precipitación y las sequías que se pueden presentar en alguna zona de incidencia.

##### **1.4.2.1. Anomalías de la Temperatura Superficial del Mar**

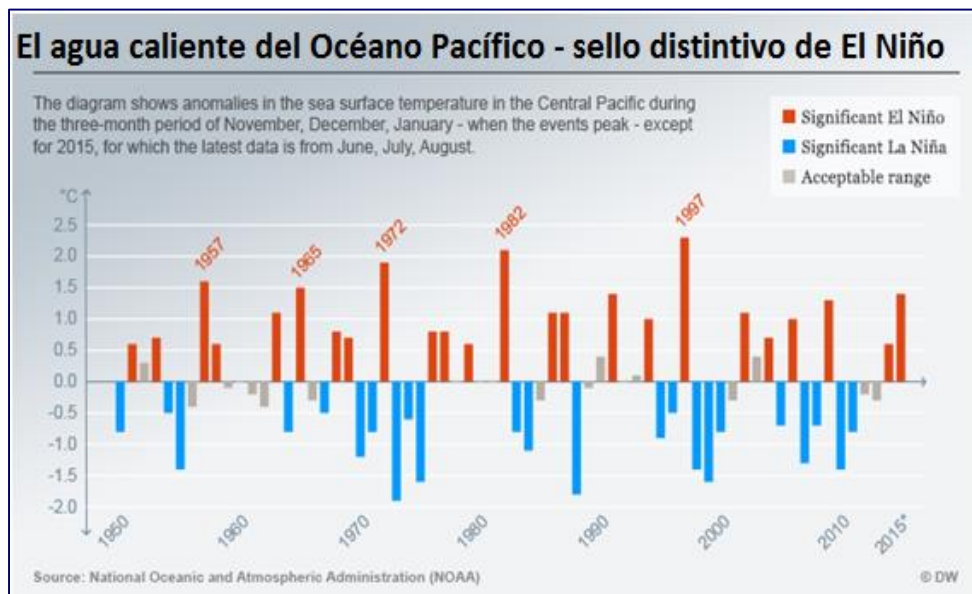
La temperatura superficial del mar por encima de los 26 °C suele favorecer la formación y frecuencia de tormentas tropicales y ciclones. Con respecto al fenómeno de “El Niño”, la anomalía de la temperatura superficial del mar (TSM) se define como la diferencia entre el valor mensual y su promedio climático o valor normal. ( Equatorial Pacific Sea Surface Temperatures | Teleconnections | National Centers for Environmental Information [NCEI], 2021) Las anomalías en el fenómeno de El Niño se definen por regiones, la cuales son: El Niño 1+2 que es la temperatura promedio medida en las regiones Niño1 y Niño2. Estas anomalías estimadas representan a los índices utilizados para el monitoreo de la variabilidad y valores. Otras de las regiones son, el Niño3 y Niño3-4 que son los más utilizados en la vigilancia de los fenómenos El Niño y La Niña. A continuación, se presenta la ilustración 1, donde se puede observar las diferentes regiones del fenómeno “El Niño”.



**Ilustración 1.1. Regiones El Niño, definidas por la comunidad científica internacional con fines de seguimiento y vigilancia de los fenómenos del Ciclo ENOS.**

Fuente: NOAA/NCEP/CAC, USA

En la ilustración 1 se puede observar las anomalías de la temperatura superficial del mar identificando los respectivos fenómenos “El Niño” y “La Niña” desde los años 1950 hasta 2015



**Ilustración 1.2. Temperatura superficial del Mar durante "El Niño" y "La Niña"**

Fuente: NOAA

#### 1.4.2.2. Regiones de “El Niño”

Para obtener mediciones más precisas y estándar, el Pacífico ecuatorial se divide en las siguientes regiones:

- Regiones Oceánicas
- Regiones Costera

#### **1.4.2.2.1. Regiones Oceánicas**

En esta medición es posible estimar la presencia de El Niño o La Niña:

**Niño 4:** Es un área que está ubicada en el océano pacífico ecuatorial centro-oeste, separada por un meridiano entre 150 ° W y 160 ° E y una latitud entre 5 ° N y 5 ° S. Por lo tanto, está ubicada en Polinesia, que es parte de Micronesia.

**Niño 3:** Ubicado en el Océano Pacífico Ecuatorial central oriental, está de 90 grados a 150 grados oeste y 5 grados a 5 grados sur.

**Niño 3.4:** Ubicado en el Océano Pacífico ecuatorial central, se conforma por el Niño 3 y 4, rodeado por 120 ° W 170 ° W y 5 ° N, 5 ° S.

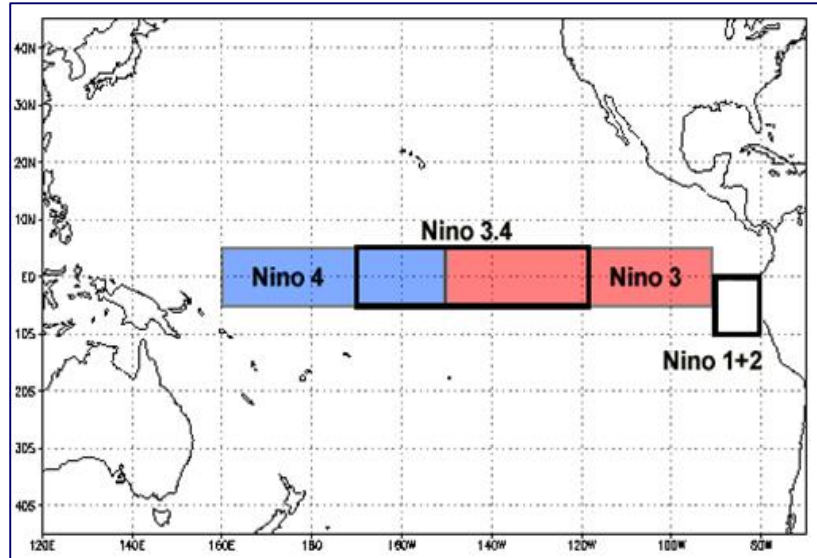
#### **1.4.2.2.2. Regiones costeras**

Se encuentra en las aguas al sur del ecuador, cerca de la costa de América del Sur. De esa medida, inferimos la existencia de una niña litoral.

**Niño 2:** La región de la costa este del Pacífico ecuatorial se encuentra entre las Islas Galápagos y Ecuador con una ubicación de 80 grados a 90 grados Oeste (°O) y 0 grados a 5 grados Sur (°S).

**Niño 1:** Se presenta en las aguas de la costa del Norte del Perú, ubicado entre 80 grados a 90 grados Oeste (°O) y 5 grados a 10 grados Sur (°S)

**Niño 1+2:** Es la sumatoria de las regiones Niño 1 y Niño 2.

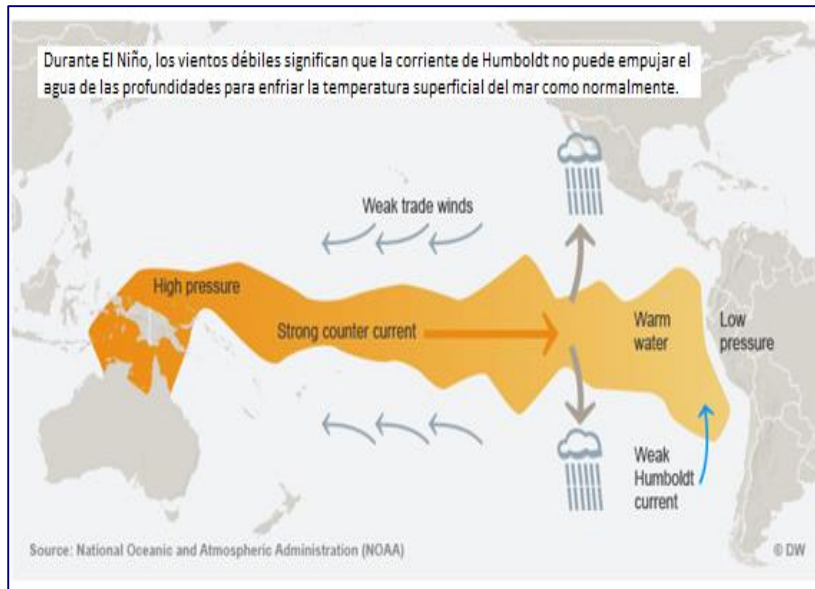


**Ilustración 1.3. Regiones El Niño, definidas, por la comunidad científica internacional**  
 Fuente: NOAA/NCEP/CAC, USA

### 1.4.2.3. Corrientes Oceánicas

La corriente oceánica relacionada con el fenómeno “El Niño” es una corriente cálida llamada Subcorriente Ecuatorial (Cromwell) situada en el Océano Pacífico y su dirección es de Oeste a Este llegando hasta las costas del Ecuador, esta corriente oceánica permite que el evento atmosférico sea detectado al producirse altas precipitaciones o temporada de lluvias y aumento en la temperatura superficial del mar fuera de lo usual debilitando la corriente Costera de Humboldt.

La corriente de Humboldt cuando aparece “El Niño” no puede enfriar la masa de agua superficial en el Pacífico, pues los vientos alisios decaen y la masa de agua fría rica en nutrientes inorgánicos como nitrógeno, fósforo, hierro y silicio no aflora, por lo consiguiente, se tienen aguas cálidas con bajos nutrientes, lo que obliga a ciertas especies a migrar a aguas con mejores condiciones para su supervivencia y reproducción. En la siguiente ilustración se visualiza el fenómeno “El Niño” y el decaimiento de los vientos alisios, provocando el no afloramiento de la corriente de Humboldt que permite enfriar las aguas superficiales del océano.



**Ilustración 1.4. Aparición del evento "El Niño"**

Fuente: National Oceanic and Atmospheric (NOAA)

### 1.4.3. Efectos del Fenómeno “El Niño”

Los efectos del fenómeno “El Niño” en el ecosistema marino se pueden evidenciar a partir de los cambios de temperatura que influyen en la salinidad del agua, la alteración de la circulación atmosférica que produce variaciones en el clima y esto afecta a sectores como agricultura, ganadería, pesquería y recursos hídricos (Comisión Económica para América Latina y el Caribe [CEPAL], 1993)

#### 1.4.3.1. Efectos en Sudamérica

En esta sección se describe los efectos producidos por el Fenómeno de “El Niño” en América del Sur durante los años 1997-1998 y 2015-2016. Este fenómeno produce diversos daños al ambiente costero y al ambiente terrestre, a continuación, se menciona los daños de mayor impacto en los países sudamericanos

## Fenómeno “El Niño” 1997-1998 Regional

**Tabla 1.1. Daños de mayor impacto por el evento "El niño" en países Sudamericanos 1997-1998**

Colombia	Ecuador	Perú	Venezuela	Brasil	Uruguay y Paraguay	Argentina y Chile
*Sequia *Salud *Agricultura y ganadería. *Dificultad en el transporte fluvial. *Lluvias torrenciales.	*Lluvia torrencial. *Daños en la infraestructura vial, portuaria, educativa. *Agricultura. *Salud. *Incremento del mar.	*Inundaciones. *Impacto salud. *Agricultura y ganadería. *Actividad pesquera.	*Sequia. *Producción agrícola y ganadería. *Pérdidas energéticas	*Sequia en la parte norte del País *Acceso al agua potable. *Incendios. *Lluvias en el sur del país.	*Lluvias Torrenciales. *Impacto severo ganadería y agricultura	*Lluvia zona central e inundaciones. *Impacto a la salud. *Ganadería y Agricultura

Elaborado por: Autores  
 Fuente IPCC.2001; FAO.2002; UNEP 2003

## Fenómeno “El Niño” 2015-2016 Regional

**Tabla 1.2. Daños de mayor impacto por el evento "El niño" en países Sudamericanos 2015-2016**

Colombia	Ecuador	Perú	Venezuela	Brasil	Uruguay y Paraguay	Argentina y Chile
*Pérdida de cultivos de café, papa, arroz. *Sequia. *Agricultura y ganadería. *Dificultad en el transporte fluvial. *Lluvias torrenciales	*Disminución de la producción de papa y arroz. *Pérdida en la infraestructura agropecuaria. *Pérdida de \$3.5 millones. *Vías Afectadas. *Infraestructura a comunicaciones y comercio.	*Disminución en la producción de harina de pescado. *Actividad pesquera. *Piura e Ica mayor afectación.	*Sequia *Disminución de cultivos *Cuota de embalse para producción de Energía baja.	*Sequia en la parte noroeste del país. *Reducción de producción de arroz, maíz. *Incendios. *Lluvias en el sur del país	*Pérdida de 16 mil cabezas de ganado. *Afectaciones a infraestructura, vías, comunicaciones.	*Lluvias e inundaciones. *Daños materiales, vías, vivienda, edificaciones.

Elaborado por: Autores  
 Fuente IPCC.2001; FAO.2002; UNEP 2003

### 1.4.3.2. Afectaciones del fenómeno de “El Niño” a nivel costero en Ecuador

Las afectaciones que se producen durante un evento extremo como “El Niño” en las ciudades costeras del Ecuador se detallan en la siguiente tabla:

**Tabla 1.3. Afectaciones del Fenómeno de "El niño"**

<b>Afectaciones del evento "El Niño" por provincias en Ecuador</b>		
<b>Provincia</b>	<b>Actividades o sector afectado</b>	<b>Efecto "El Niño"</b>
Esmeraldas	Pesca	Migración de las especies marina a menores temperatura
	Agricultura	Afectada por el aumento de temperatura y lluvia que produce perdidas en los cultivos de arroz, palma africana, maíz, entre otros
	Salud	Incremento de enfermedades como: dengue, malaria, cólera, fiebre tifoidea, Ira e influenza
	Agua Potable y Alcantarillado	Infraestructura de agua potable y alcantarillado dañadas por las fuertes lluvias e inundaciones
	Electricidad	Daños en las centrales eléctricas por desbordamiento de ríos
Manabí	Pesca	Cardúmenes desplazados a mejores temperaturas
	Agricultura	Disminución de los cultivos como frutas: naranja, banano, piña y tubérculos: papa, arroz, cebolla, tomate
	Ganadería	Baja producción de leche y carne
	Energía	Redes eléctricas afectadas por fuertes precipitaciones
	Transporte	vías de acceso destruidas como puentes y carreteras
	Agua Potable y Alcantarillado	Infraestructura de agua potable y alcantarillado dañadas por las fuertes lluvias e inundaciones
Guayas	Pesca	Caída en la venta de productos derivados de la pesca por escasez, por ejemplo: harina de pescado, balanceado de pescado, aceite de pescado
	Agricultura	Afectada por el aumento de temperatura y lluvia que produce perdidas en los cultivos de arroz, café, maíz
	Ganadería	Baja producción de leche y carne, ganado afectado por inundaciones y desbordamiento de ríos
	Energía	Aumento de los ríos y daño en las centrales eléctricas
	Transporte	Vías de acceso destruidas como carreteras y puentes
	Agua Potable y Alcantarillado	Redes de conectividad averiadas por El Niño
El Oro	Pesca	Caída de productos derivados de la pesca por escasez
	Agricultura	Cosecha limitada
	Energía	Aumento de los ríos y daño en las centrales eléctricas
	Transporte	vías de acceso terrestre destruidas como carreteras y puentes
	Agua Potable y Alcantarillado	redes de conectividad averiadas o colapsada por El Niño
	Salud	Falta de insumo a la comunidad afectada
Azuay	Agua Potable y Alcantarillado	redes de conectividad averiadas o colapsada por El Niño
	Transporte	Vías de acceso terrestre destruidas como puentes y carreteras
	Agricultura	Cosecha limitada, inundaciones
	Salud	Falta de insumo a la comunidad afectada
Santa Elena	Pesca	Cardúmenes desplazados a mejores temperaturas, el agua de mar pierde sus nutrientes por el incremento de la temperatura superficial

		Afectación a los pescadores artesanos por escasez dorado, bonito y albacora
	Agricultura	Cosecha limitada, afectada por fuertes precipitaciones (saturación de agua), desbordamiento de ríos
	Ganadería	Leche y carne baja producción, pérdida de ganado
	Energía	Aumento del caudal de los ríos que provocó daños en los suministros eléctricos tales como líneas de alta tensión, transformadores y/o subestaciones eléctricas
	Transporte	Vías de acceso abnegadas por deslizamiento de tierras como puentes y carreteras, daños en los vehículos por fuertes precipitaciones.
	Agua Potable y Alcantarillado	Las fuertes precipitaciones provocan saturación del sistema de alcantarilla y esto produce la mezcla entre aguas lluvias y aguas residuales.

Elaborado por: Autores basado en la información de El Niño 2015-2016: evolución, vulnerabilidad e impactos en Latinoamérica

Fuente: (Centro Internacional para la investigación del fenómeno "El Niño", 2017)

Para el caso específico de la cabecera parroquial de Manglaralto que se encuentra dentro del cantón Santa Elena, durante los años 1997-1998 y 2015-2016 las fuertes precipitaciones producidas por el fenómeno “El Niño” provocaron el desbordamiento del río, lo que produjo severos problemas sociales, ambientales y económicos.

Dentro del ámbito de la salud los problemas más destacables fueron las enfermedades respiratorias entre ellas la influenza, enfermedades de la piel y mucosa tales como: verrugas virales y conjuntivitis o enfermedades transmitidas por vectores tales como: dengue y malaria. Con respecto a problemas ambientales se destacan los deslaves, pérdida de flora y fauna, entre otras. Por su parte, los problemas económicos más relevantes fueron la pérdida de cultivos, desaparición de animales, daños de vías de acceso, daños en infraestructura eléctrica, infraestructuras de vivienda debilitadas, entre otras. Adicionalmente, a ello se suma el incremento de la demanda del uso de agua potable, lo que ha producido un déficit hídrico en su acuífero.

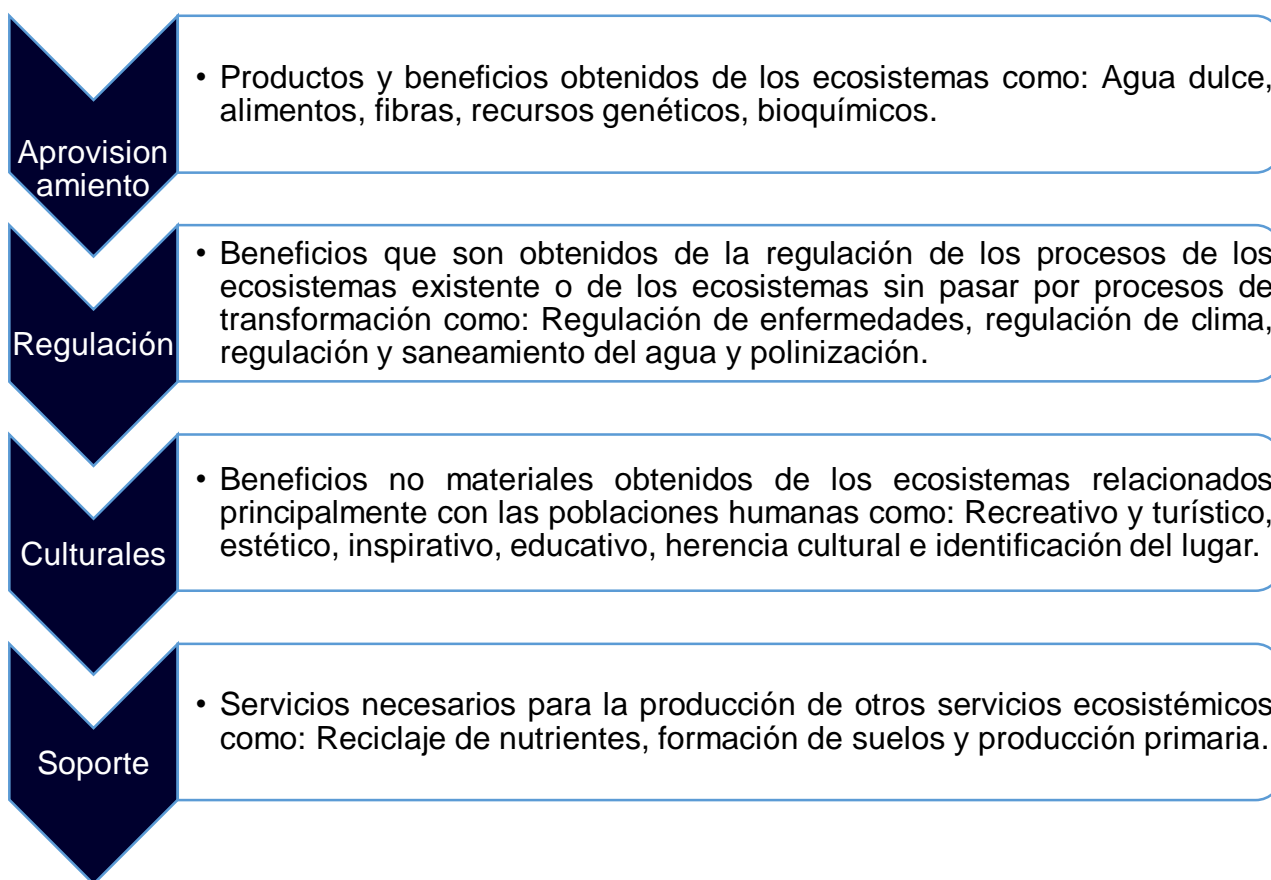
#### **1.4.4. Servicios ecosistémicos**

Los servicios ecosistémicos (SE) o también conocidos como servicios ambientales son todos aquellos beneficios que aporta el ecosistema para el desarrollo de la sociedad. Estos aportes se pueden observar en el ámbito urbano y rural como por el ejemplo el servicio de suministro de agua, combustibles, materia prima como madera, plantas medicinales, entre otros. Además, también se los puede percibir en forma de valores



como el servicio cultural. El ecosistema puede funcionar sin necesidad de la intromisión del ser humano, pero la sociedad no puede avanzar hacia un desarrollo sin utilizar el ecosistema. (Dema, 2020)

Existen indicadores de la calidad de interacción que se tiene con el ecosistema, los cuales aportan importantes beneficios para la sociedad y se los agrupa de la siguiente manera: (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y Agricultura, 2020)



**Ilustración 1.5. Tipos de servicios ecosistémicos.**

Elaborado por: Autores

Fuente: (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y Agricultura, 2020)

#### **1.4.5. Soluciones basadas en la naturaleza**

Las soluciones basadas en la naturaleza van desde la restauración del hábitat hasta la gestión del agua, la mitigación del riesgo de desastres o la infraestructura verde para abordar los problemas sociales. Estas soluciones comienzan con el concepto de brindar a las personas beneficios y servicios esenciales cuando los ecosistemas son saludables

y están bien administrados permitiendo que su aplicación sea en el sector urbano o rural. (World Wildlife Fund, 2020)

En la tabla 4. Se detalla las respuestas naturales que brindan los ecosistemas frente a fenómenos naturales:

**Tabla 1.4. Respuesta del ecosistema en función de un evento natural extremo**

Eventos Naturales	Respuesta de los Ecosistemas
Precipitaciones	<p>Los humedales continentales como: los ríos, llanuras de inundación, lagos, pantanos, entre otros. Actúan como una barrera natural absorbiendo y almacenando el exceso de agua producto de las altas precipitaciones.</p> <p>Los manglares, son ecosistemas que previenen el desbordamiento de ríos, estabilizan el cauce de los ríos, actúan de manera muy similar a zonas de inundación natural que retienen el agua durante lluvias extremas.</p> <p>Los bosques y matorrales que existen dentro de una cuenca hidrográfica previenen la erosión y la sedimentación en las obras retenedoras de agua, benefician a la capacidad de almacenamiento e infiltración de agua.</p>
Sequías	<p>En zonas extremadamente cálidas, áridas donde se presentan islas de calor los humedales liberan el agua almacenada de lluvia para retrasar la sequía y reducir la escasez del líquido vital.</p>
Oleajes, Ciclones , Tormentas y Tsunami	<p>Los humedales costeros como: marismas de agua salada, arrecifes de coral, manglares, entre otras. Son una barrera natural que proporciona el ecosistema marino-costero, la presencia de manglar hace que la energía se disipe o contenga este impacto, garantizando un sistema de playa más fuerte y disminuyendo la erosión que producen estos eventos.</p>

Elaborada por: Autores

Fuente: (Convención de Ramsar sobre los humedales, 2016)

#### 1.4.6. Revisión Literaria

Manglaralto se encuentra en la Zona de Convergencia Intertropical lo que la expone a amenazas hidrometeorológicas y los impactos del fenómeno “El Niño”. (Equipo Técnico Consul&Project S.A., 2019) Producto de estas amenazas se presentan fuertes aguajes, elevación del nivel del mar e intensas precipitaciones que han causado daños tales como el desbordamiento del río por incremento del caudal afectando a nivel ambiental, social y económico. Adicionalmente, la elevación del nivel del mar producto de un evento anómalo incrementa el ingreso del agua de mar hacia el subsuelo contaminando las aguas subterráneas de su acuífero. (Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial, 2014)

Por añadidura, las fuertes precipitaciones que se presentaron durante el mes de febrero y marzo en el evento extremo como “El Niño” del año 1982 alcanzaron los 2823mm y en el año 1997 llegaron a los 2007mm, han producido inundaciones, deslizamiento de tierras, vías anegadas, daños en infraestructura eléctrica, pérdida de cultivos y animales arrastrados por el río, viviendas colapsadas, contaminación por aguas servidas, avalancha de escombros como sedimentos, rocas, árboles, entre otros que afectaron a la población cercana al río como el Barrio San Ignacio y otras circundantes. Por otra parte, un problema relevante es el crecimiento de la población, lo cual ha desencadenado en un mayor consumo de agua disminuyendo el caudal de 12 l/s que se tenía en el año 2013 a 5 l/s para el año 2015. (Franco et al., 2019)

Por lo anteriormente mencionado, es importante la búsqueda de alternativas con un enfoque diferente como la adaptación basada en ecosistemas que permitan dar soluciones a los problemas que se enfrentan por el cambio climático y eventos naturales. Los ecosistemas brindan un sin número de servicios que pueden funcionar como una forma de solución natural y muchas veces tienen una relación costo-efectividad mucho mayor que las obras convencionales de hormigón, las soluciones naturales son estructuras adaptables a los cambios climáticos e incluso su implementación aumenta la eficiencia de una obra gris. (Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza, 2021)

El ser humano tiene que enfrentar un gran reto al cambiar la perspectiva que no solo es un beneficiario de los bienes y servicios que brindan los ecosistemas, por el contrario, puede cumplir la función de conservar, proteger, manejar de manera integral los recursos disminuyendo los impactos negativos de los eventos anómalos como “El Niño” y encaminando a la población hacia un desarrollo sostenible. Por tal razón, es necesario seleccionar la alternativa más adaptable a los impactos generados por un evento anómalo como “El Niño” y a las actividades que realiza el ser humano dentro de la Cabecera Parroquial de Manglaralto. Analizando que el área de estudio tiene afectaciones producto de las fuertes precipitaciones que causan el desbordamiento del río y déficit hídrico por contaminación salina en su acuífero y uso desmesurado del líquido vital. A continuación, se presentan diferentes alternativas adaptables a nuestro proyecto investigativo:

**Laguna de infiltración.** - Es una solución que ha sido implementada en diversos países como: Cuba, Chile, Honduras, Salvador, México e incluso en la región sierra de Ecuador, su implementación conlleva al análisis del tipo de suelo en la zona, dado a que solo se implementan en suelos permeables que beneficien la infiltración de agua. Sus funciones más relevantes son: captación de un volumen de agua lluvia, captación de caudal excedente de los ríos que se genera durante fuertes precipitaciones producto de un evento como “El Niño”, infiltración de la escorrentía, entre otras. Este tipo de obras tienen como finalidad evitar inundaciones en los sectores vulnerables y con la ayuda del suelo permeable recargar el acuífero de las aguas subterráneas, son obras longitudinales, en forma de trincheras, con una profundidad recomendada del orden de 1 a 3 m (Benítez, 2019). Esta propuesta de solución basada en la naturaleza cumple con todo el proceso de almacenamiento, infiltración y retención de la mayor parte de agua lluvia y mitigación de las escorrentías presentes.

En Manglaralto las precipitaciones durante un evento extremo como el “El Niño” han alcanzado niveles muy altos, basta mencionar “El Niño” de 1982 donde se alcanzaron los 2823mm de precipitación incrementando el caudal del río, lo que produjo su desbordamiento arrasando con viviendas, árboles e inundando varios sectores de la localidad. Posterior a los eventos suscitados en el año 1982, 1997 y 2015, el GAD-Parroquial de Manglaralto de manera conjunta con universidades públicas como la Escuela Superior Politécnica del Litoral (Espol), entre otras elaboraron estudios para la construcción de un dique de hormigón en la cuenca media del río con la finalidad de retener el agua del río y evitar su desbordamiento, para el año 2018 ya contaban con la estructura que se realizó con mano de obra de la comunidad, sin embargo, durante la entrevista realizada a la Srta. Lenny Neira miembro del GAD-Parroquial de Manglaralto mencionó y mostró evidencia fotográfica de las inundaciones (Ver Anexo B) que se produjeron por el desbordamiento del río pese a las obras de protección implementadas. Otro problema que enfrenta la Cabecera Parroquial de Manglaralto es el mal manejo de los recursos hídricos lo que potencia su escasez, es importante mencionar que el planeta solo tiene 3% de agua dulce y dentro de ese porcentaje el 68.7% es agua congelada en los casquetes polares, el 30.1% aguas subterráneas y solo el 1.2% está presente en ríos

y pantanos. Este antecedente permite entender que el agua es un bien muy escaso, que limita el desarrollo de las comunidades.

La población se abastece del agua que proviene del acuífero, pero a través del tiempo la demografía y el turismo han aumentado lo que produce que el agua del acuífero entre en peligro de agotamiento y esto se puede determinar por el descenso de los niveles freáticos de los 19 pozos perforados hasta la actualidad. (Franco et al., 2019) Por lo que es necesario plantear una alternativa que mitigue los impactos de las inundaciones, y a su vez aumente los niveles de agua en el acuífero, es así, que la laguna de infiltración es una alternativa que brinda solución a dos grandes problemas como: inundación y déficit hídrico que enfrenta Manglaralto, mediante la captación de un caudal excedente y la infiltración natural que se produce con la retención del agua lluvia y agua proveniente del río. Esto es factible dado a las capas de limo, arcilla y grava fina que se presentan en la cuenca del Río Manglaralto. (Catuto, 2019)

**Reforestación sostenible aplicando metodología de soluciones basada en la naturaleza.** - Este tipo de solución ha sido implementada en: Guatemala, Honduras, Nicaragua e incluso en Ecuador, donde nació el proyecto “Protección estratégica de terrenos y revegetación” realizado en la ciudad de Quito, Ecuador. Este proyecto propone reforestar zonas vulnerables como riberas de ríos, incrementar la zona de vegetación para mitigar los impactos de las fuertes precipitaciones como una solución basada en la naturaleza mediante un programa integrado, puesto que al reforestar las riberas de los ríos se evita el desbordamiento, porque la vegetación absorbe el agua excedente y actúa como obstáculo disminuyendo la velocidad del caudal, en este tipo de proyectos se incluye la reducción de sedimentos y nutrientes en los cuerpos de agua, el control de los flujos y la mejora de la integridad de los ecosistemas de agua dulce, proteger la biodiversidad y el carbono existente. (The Nature Conservancy, 2019)

La metodología que se aplica dentro de la reforestación sostenible es incrementar espacios de matorrales, reforestación de las riberas de los ríos, reforestación de manglares, entre otras con el fin de recuperar el hábitat, una vez realizada la recuperación se restablece los servicios ecosistémicos en sus condiciones originales. Este plan de manejo integrado permitió conocer los beneficios que posee el manglar en

su condición rehabilitada y de manera normal. El análisis que se determinó fue, que por cada 100 metros de ancho en una franja de manglar provoca una reducción de las olas producto del oleaje y los vientos con un valor aproximado del 13 al 66 %, cabe indicar que si se trata de una tormenta el área del manglar deberá ser más extensa para que pueda disipar el fuerte oleaje o marejada. “Las olas se reducen y pierden energía cuando tienen que atravesar obstáculos densos” (The Nature Conservancy, 2019). La implementación de este proyecto se considera una solución basada en la naturaleza, ya que los manglares controlan los efectos de las olas, el viento y capturan el dióxido de carbono en las ciudades costeras. También proporcionan un vivero seguro para la vida marina que puede ser la base para alimentar a las poblaciones de peces y, por lo tanto, proporcionar una fuente de nutrientes de la que pueden depender las poblaciones locales. Además, los manglares ayudan a controlar la erosión costera causada por el aumento del nivel del mar. (International Union for Conservation of Nature [IUCN], 2012).

Esta solución que es la revegetación en la zona de estudio del proyecto juega un papel muy importante, ya que se opta por medidas de adaptación que consisten en reforestación y rehabilitación del flujo hídrico para que estos sitios durante oleajes fuertes e inundaciones ayuden a la captación del excedente de agua y también esta técnica de restauración capte la disminución salina en el suelo. Es esencial incentivar la conservación y restauración del manglar de la zona de estudio, ya que es una barrera natural; pero la implementación de esta solución conlleva aplicar políticas rigurosas y declarar zonas protegidas, lo que conlleva a una ruptura social al implementar la regeneración del manglar dado a que muchas zonas dentro de la Cabecera Parroquial de Manglaralto fueron deforestadas para la construcción de viviendas, o haciendas agrícolas. Esas zonas pueden llegar a hacer conflictivas para el diseño de esta solución y producir problemas sociales en la comunidad, por tal razón es necesario analizar la zona de estudio desde los 4 ejes (Ambiental, social, técnico y económico) fundamentales para optar por la alternativa más adaptable.

#### **1.4.7. Marco Legislativo**

La relación que se establece entre los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) y el Marco de Sendai es trabajar de manera conjunto para la reducción de riesgos de

desastres, en los ODS se plantea para el 2030 alcanzar el cumplimiento de los objetivos y en el Marco de Sendai se identifican los principales factores de riesgos en las poblaciones vulnerables (Oficina Regional de Las Américas y El Caribe [UNDRR], 2018), es por esto que se adoptan las tres medidas principales dentro del Marco de Sendai:

- Vulnerabilidad y capacidad de reducir los riesgos de desastres
- Exposición a eventos extremos o amenazas
- Características de las amenazas

Los ODS que intervienen en este proyecto son:

- ODS6 Agua Limpia y Saneamiento
- ODS11 Ciudades y Comunidades Sostenible
- ODS12 Consumo Responsable y Producción
- ODS13 Acción Climática

**ODS6 Agua Limpia y Saneamiento:** Garantizar el suministro y la gestión sostenibles del agua y el saneamiento para todos, la cual, para mitigar la escasez de agua, es fundamental proteger y restaurar los ecosistemas asociados a este recurso, como bosques, montañas, humedales y ríos.

**ODS11 Ciudades y Comunidades Sostenible:** Es necesario cambiar el enfoque de desarrollo agresivo con el ambiente que permitan generar ciudades y asentamientos humanos que sean seguros y resilientes. Los organismos gubernamentales han realizado contribuciones con la finalidad de cumplir el ODS, a continuación, se enuncian dos contribuciones relacionados con el proyecto investigativo, puesto que son medidas para apoyar a la preservación de los ecosistemas naturales:

- Apoyar a una financiación más justa a las ciudades y comunidades con políticas sostenibles.
- Realizar una correcta planificación y diseño espacial para "optimizar la densidad, la conectividad y la diversidad.

**ODS12 Consumo Responsable y Producción:** Asegurar patrones de producción y consumo sostenibles esto implica que se reduzca la huella ecológica cambiando la forma en que se producen y consumen los bienes y recursos (M.J. Gámez, 2018).

La agricultura es el mayor consumidor mundial de agua y el riego, representa hoy casi el 70% de toda el agua dulce que los seres humanos pueden consumir, y a su vez se produce la pérdida de ecosistemas naturales por la preparación de los terrenos para dicha actividad. Lo que ha desencadenado la destrucción de hábitats ricos en vida silvestre. (Villalobos et al., 2017)

**ODS13 Acción Climática:** Acción urgente para combatir el cambio climático y sus consecuencias, esta acción ayuda a que se fortalezca la resiliencia y la adaptación en las zonas más vulnerables. Todo ecosistema donde se identifiquen especies en peligro de extinción, pérdida de hábitat, y a su vez las alteraciones que se producen en el ambiente al afectarlos, se deben establecer políticas, estrategias nacionales de preservación y que se empiece a crear términos como el ecoturismo en la conciencia de la población. (Organización de las Naciones Unidas [ONU], 2018)

Para la investigación realizada es fundamental nombrar las normas, leyes y políticas que establece la constitución de la República del Ecuador, la cual tiene como función principal establecer normas jurídicas que rigen los derechos y obligaciones tanto de los ciudadanos, instituciones, Estado y naturaleza. No obstante, para el año 2008, Ecuador fue el primer país en constitucionalizar los derechos a la Naturaleza.

De acuerdo con la Constitución de la República del Ecuador, Título II “Derechos del Buen Vivir”, capítulo séptimo, el art. 71 establece el respeto a la existencia, mantenimiento y regeneración de estructura, procesos evolutivos y ciclos vitales de la naturaleza. Además, menciona que el Estado incentivará a toda persona natural o jurídica que promueva el respeto para todos los elementos del ecosistema. (Asamblea Nacional del Ecuador, 2018, pág. 36)

Dentro de este mismo apartado, en el capítulo noveno “Responsabilidades”, numeral 6 del art. 83 establece que una de las responsabilidades de todos los ecuatorianos es “Respetar los derechos de la naturaleza, preservar un ambiente sano y utilizar los recursos naturales de modo racional, sustentable y sostenible” (pág. 42)



La protección hacia la naturaleza y comunidad ante desastres provocados por fenómenos naturales como “El Niño”, también es fundamentada mediante el título VII “Régimen del Buen Vivir”, capítulo primero, sección novena Gestión del Riesgo, del art. 389, el cual indica:

Art. 389.- El Estado protegerá a las personas, las colectividades y la naturaleza frente a los efectos negativos de los desastres de origen natural o antrópico mediante la prevención ante el riesgo, la mitigación de desastres, la recuperación y mejoramiento de las condiciones sociales, económicas y ambientales, con el objetivo de minimizar la condición de vulnerabilidad. (Asamblea Nacional del Ecuador, 2018, pág. 190)

Para la generación de este tipo de políticas, es importante tomar en cuenta el numeral 1 y 4 de los principios ambientales mencionados en el art. 395, los cuales aseguran el desarrollo de modelos sustentables y ambientalmente equilibrado con la finalidad de conservar la regeneración natural de los ecosistemas y en caso de un vacío entre las disposiciones legales, se aplicarán las mismas en el sentido más favorable hacia la biodiversidad. (Asamblea Nacional del Ecuador, 2018, pág. 192)

Estos organismos legales recalcan la importancia a la protección, regeneración, y mantenimiento de los ecosistemas naturales que generan servicios indispensables para el sustento de la vida y promueven la aplicación de políticas o metodologías que brinden un desarrollo sostenible, es allí donde radica la importancia de elaborar metodologías amigables con el ambiente, teniendo una proyección a largo plazo para la restauración de ecosistemas que han sido afectados por eventos naturales o fenómenos atmosféricos como “El Niño” y no una solución rápida y tradicional, se busca asumir el reto a través de procesos ingenieriles con la intención de involucrar a la comunidad en cada uno de los procesos de diseño de una solución desde la identificación del problema y selección de la alternativa hasta el prediseño de solución escogida. Teniendo en cuenta que los tomadores de decisiones deben regirse a partir de los factores ecológicos y ecosistémicos de la zona analizada para optar por soluciones adaptables a los ecosistemas.

# CAPÍTULO 2

## 2. Metodología

La metodología aplicada en este proyecto de investigación se dividió en tres fases, dentro de las que se detallan los procedimientos, métodos y técnicas usadas para llevar a cabo la investigación. La fase I tuvo como finalidad la identificación del problema; de manera secuencial se desarrolló la fase II con el objetivo de seleccionar una SbN y finalmente plantear un diseño conceptual de la solución seleccionada. Es importante resaltar que dentro de este proyecto se tuvo como prioridad enfatizar el ámbito ambiental y contar con la participación de la comunidad en cada fase de la metodología.

Para dar inicio a la metodología aplicada, se definió un alcance descriptivo de la investigación y se llevó a cabo un enfoque mixto tanto cuantitativo como cualitativo presente en todas las técnicas utilizadas en cada fase del proyecto. En la fase I, se inició con un enfoque cualitativo, el cual consistió en la revisión literaria de los hallazgos más relevantes para la investigación; posterior a ello, siguiendo un análisis cualitativo, se utilizó el análisis de imágenes satelitales en Google Earth Pro de manera cronológica en la zona de estudio para determinar las zonas vulnerables por eventos anómalos como “El Niño” y por las actividades de desarrollo humano, culminando esta fase con una técnica cuantitativa como fue la elaboración de un cuestionario a la comunidad con la finalidad de identificar los daños físicos, el evento más intenso, las actividades y servicios ecosistémicos más afectados y su validación ante una metodología amigable con el ambiente.

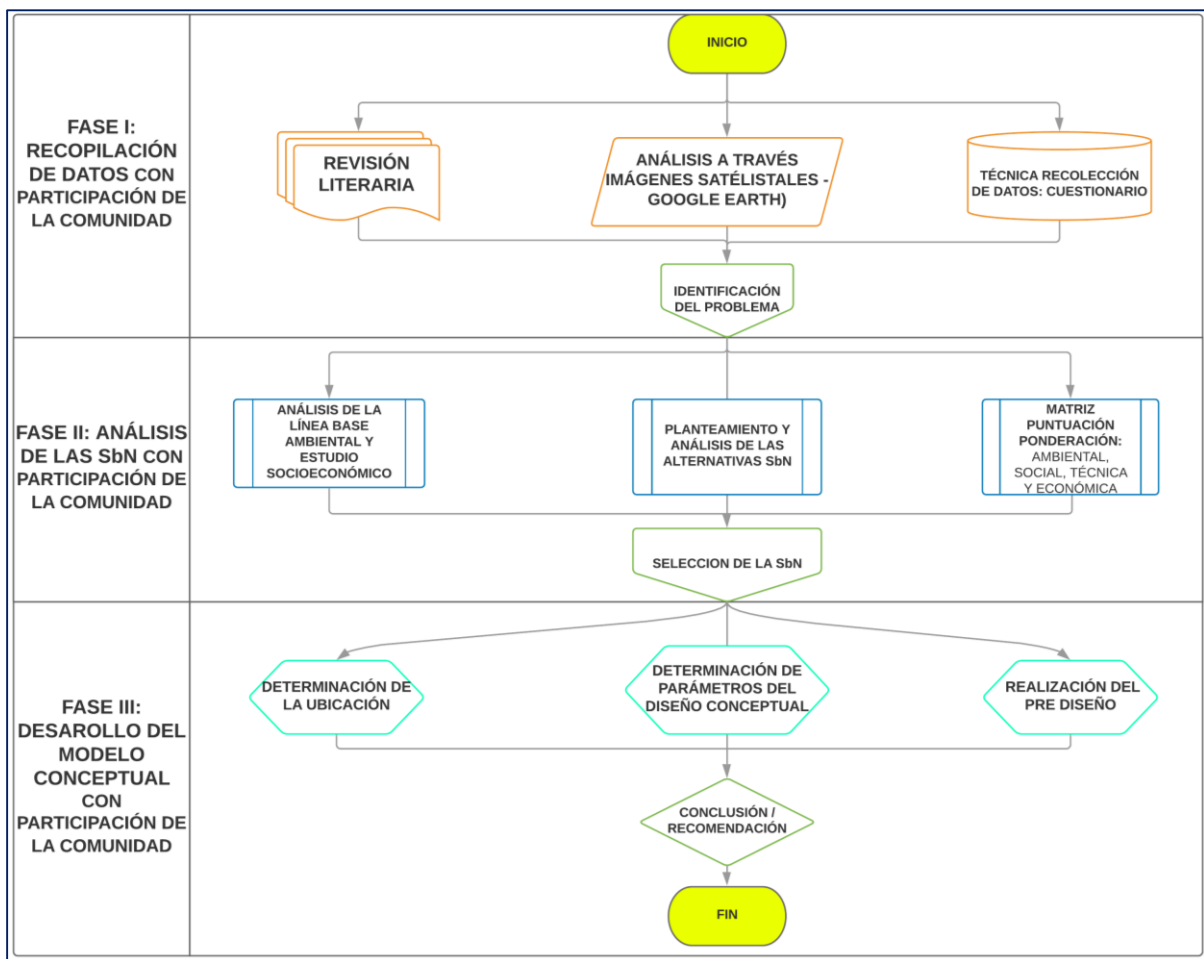
Con respecto a la fase II, también tuvo un enfoque mixto, debido a que se realizó un análisis de línea base ambiental y socioeconómico de la población para la definición de los factores, los cuales fueron implementados en una matriz que utiliza una técnica cuantitativa de ponderación de los ámbitos de decisión, y así se obtuvo la solución natural más acorde a la zona de investigación.

Finalmente, en la fase III una vez seleccionada la mejor alternativa se llevó a cabo un diseño conceptual de la solución, el cual se ejemplificó mediante software de diseños

como: ArcGis y AutoCAD que permitieron la elaboración del prediseño de la alternativa seleccionada.

## 2.1. Diagrama de las fases del proyecto

A continuación, se detallan las diferentes fases que se cumplieron dentro del proceso metodológico para plantear soluciones basadas en la naturaleza y seleccionar la alternativa de mayor beneficio para la comunidad.



**Ilustración 2.1. Diagrama de Flujo de la Metodología**

Elaborado por: Autores en aplicación LUCID

## 2.2. Fase I: Recopilación de datos

Se realizó una extensa revisión literaria en el capítulo I, donde se encontró información relevante de la zona de estudio (Franco et al., 2019), posterior a esto se hizo encuestas a los pobladores de Manglaralto y finalmente la recolección de imágenes satélites

mediante Google Earth pro. A continuación, se detallan las etapas señaladas de la primera fase.

### **2.2.1. Recolección de datos a través de cuestionario**

Esta técnica es utilizada para la recolección de datos primarios con el objetivo de probar, con base a una medición numérica y a un análisis estadístico, las afectaciones que sufren los habitantes de la cabecera Parroquial de Manglaralto en un evento climático como “El Niño”.

Se procedió a formular las preguntas a realizarse en la localidad, las cuáles constaban de términos no científicos que faciliten la comprensión de los encuestados. Se plantearon 11 preguntas donde se determinó la ocupación de la población, eventos climáticos más relevantes, daños físicos y afectaciones en las principales actividades del lugar. Además, se validó entre los encuestados la aceptación de propuestas amigables con el ambiente.

Estas encuestas fueron realizadas durante dos visitas de campo; la primera se realizó el miércoles 16 de junio de 2021 durante las 10h00 y 19h00, donde se obtuvo información de 100 habitantes cercanos al enrocado de protección costera. La segunda visita se realizó desde las 10:30 del miércoles 14 de julio hasta aproximadamente las 18h00 del 15 de julio del mismo año donde se obtuvo un total de 323 encuestados.

#### **2.2.1.1. Cálculo de la muestra**

Para el cálculo de la muestra, se consideró una población aproximada de 2000 habitantes de acuerdo con información obtenida del censo poblacional realizado en 2010 por el Instituto Nacional de Estadística y Censos (Instituto Nacional de Estadística y Censo [INEC], 2010). La técnica del cálculo utilizada fue el método de muestra aleatoria simple para la población finita con un 95% de nivel de confianza y un error de estimación del 5%. A continuación, se muestra el cálculo de la muestra:

**Tabla 2.1. Cálculo de la Muestra**

Datos para calcular la Muestra		
n	Tamaño de la muestra	?
z	Nivel de confianza 95%	1,96
p	Probabilidad esperada	0,5
q = 1-p	Probabilidad de fracaso	0,5
e	Error de estimación	0,05
N	Tamaño de la población	2000

Elaborado por: Autores

$$n = \frac{z^2 \times p \times q}{e^2 + \frac{z^2 \times p \times q}{N}} = 323$$

Ecuación 2.1 Fórmula para el cálculo de la muestra

### **2.2.2. Análisis de la zona de estudio a través de imágenes satelitales**

Se procedió a recolectar imágenes satelitales de manera cronológica en la zona de estudio mediante “Google Earth Pro”. De manera cualitativa se determinó los cambios visibles en el ecosistema a lo largo del tiempo donde se tomó como inicio una imagen satelital de 1982, y posterior a ello se obtuvieron imágenes del 2006, 2016 y 2019. Esto permitió identificar las afectaciones y el estado del ecosistema a lo largo de un periodo de tiempo.

### **2.3. Fase II: Análisis de las soluciones basadas en la naturaleza**

El análisis de las soluciones basadas en la naturaleza comenzó con una caracterización de la zona en diferentes ámbitos, para posterior a ello, determinar una matriz donde se evaluaron las alternativas SbN ya planteadas y, finalmente, se seleccionó la solución más acorde a la necesidad de la población y del ecosistema. A continuación, se realizaron los siguientes procesos que serán detallados en los posteriores apartados de esta sección.

### **2.3.1. Método de identificación de los factores de decisión**

Como inicio de la fase II, se realizaron análisis de los ámbitos ambiental, técnico, económico y social de la zona de estudio con la finalidad de identificar los principales factores de decisión para la selección de la alternativa. Este proceso inició con una caracterización de la zona, el mismo que se desglosó en un análisis de la meteorología, hidrología, uso del suelo, factores bióticos y abióticos y, finalmente, servicios ecosistémicos pertenecientes a la localidad de la cabecera parroquial de Manglaralto. Simultáneamente, se hizo un estudio de la situación económica y social actual que presenta la población. Ya detallada la situación global de la cabecera parroquial, se desprendió por cada apartado los principales factores de decisión que fueron utilizados en las secciones subsiguientes de esta misma fase.

Una vez identificados los ámbitos y factores, se otorgó una puntuación analizando la importancia de un ámbito con respecto a otro, donde se tuvo presente que el ámbito ambiental sería el más importante por el objetivo planteado de la investigación. Además, se puntuó de acuerdo a la importancia de los factores de decisión. Este proceso se realizó mediante el método de comparación de pares de un mismo ámbito, el cual consistió en relacionar un factor con cada uno de los otros, calificando a la variable de mayor importancia con un valor de 1 y al de menor importancia con un valor de 0. Cabe mencionar que el valor de 0 no significa que no tenga validez el factor de decisión, solo establece que es de menor importancia que el factor con el que se comparó.

### **2.3.2. Proceso de planteamiento de las alternativas SbN**

Con base a lo descrito en el capítulo I, dentro de la sección marco teórico se plantearon varias alternativas que mitigan los efectos ocasionados por el fenómeno "El Niño" y las actividades que realiza el ser humano. De acuerdo con la revisión literaria, con el análisis de línea base ambiental y el estudio socioeconómico se escogieron dos alternativas que se adaptan al problema del proyecto investigativo.

### 2.3.3. Matriz de Puntuación - Ponderación

Para la elaboración de la Matriz de Puntuación – Ponderación, primero se realizó una matriz de calificación de los factores. Esta matriz bivariada está compuesta por los factores de decisión con sus respectivos niveles de jerarquización y las alternativas planteadas. Para la selección del nivel jerárquico correspondiente a cada factor por alternativa, se elaboró una consulta a expertos. En esta sección, se contó con el apoyo del ingeniero civil Andrés Macas, un experto en investigación de proyecto del “Grupo Veolia” y la PhD. en Ingeniería Ambiental, Gladys Rincón, profesora de la Escuela Superior Politécnica del Litoral (Espol).



**Ilustración 2.2. Gráfico comparativo entre una estructura gris y una solución basada en la naturaleza.**

Elaborado por: Autores

Fuente: (Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza, 2021)

Una vez obtenida la calificación de cada alternativa, se procedió con la realización de la Matriz de Ponderación- Puntuación o matriz de priorización de alternativas, la cual sirve como etapa final para elegir la alternativa más adaptable a la zona de estudio. La matriz se compuso del producto entre el puntaje obtenido de cada factor y la calificación de las

alternativas otorgada por los expertos. Posterior a ello, se realizó la sumatoria de este producto y se obtuvo el subtotal de cada ámbito. Finalmente, se realizó una sumatoria de los subtotales de cada ámbito, donde se identificó la alternativa con mayor puntaje.

$$P = \sum_{i=1}^n (W_i \times R_{ji})$$

Ecuación 2.2. Cálculo de puntaje ponderado

Donde:

P= Total de puntaje ponderado

N= Número de factores de decisión

Wi= Peso relativo de la importancia de cada factor

Rji= Puntuación de la alternativa (j) para el factor de decisión (i)

#### **2.4. Fase III: Desarrollo del modelo conceptual de la alternativa seleccionada**

De acuerdo con los resultados de la fase II, en la cual se seleccionó la SbN con mayor puntuación, se procedió a realizar una visita de campo con la finalidad de conocer las áreas disponibles para la elaboración del prediseño. Se mantuvo una entrevista con el Sr. Blas Tomalá, técnico de mantenimiento de la JAAPMAN, quien fue guía en el recorrido de reconocimiento de la red hidrográfica de Manglaralto. Con base a la técnica de observación, los datos históricos de precipitación y a la experiencia del técnico, se escogió la mejor área disponible, la cual se encuentra cercana al dique de hormigón y al pozo número 1 para el prediseño de la solución.

En este reconocimiento de campo, el técnico brindó información necesaria y fundamental como: nivel freático, salinidad de los pozos y tipo de suelo (arenoso) predominante en la zona que son factores requeridos para el predimensionamiento de la alternativa seleccionada. Posteriormente, se realizó una última visita en la que se recolectaron datos necesarios para calcular el caudal de diseño. Se procedió a tomar medidas del ancho del río donde se tomó como punto inicial el ancho del dique y las cuatro mediciones restantes se realizaron en dirección a la cuenca alta, realizándose un total de cinco mediciones. Además, se midió la altura total del cauce del río desde el fondo hasta la



superficie de la ribera. A continuación, se presenta la tabla 6 con las mediciones realizadas en la zona de diseño:

**Tabla 2.2. Datos tomados in situ**

Ancho del dique	25,93m
Ancho2	22m
Ancho3	21,3m
Ancho4	19,54m
Ancho5	18,75m
Altura del fondo a la superficie	4m

Elaborado por: Autores

Las mediciones adicionales se realizaron con la intención de obtener un promedio del ancho del río y disminuir el rango de error. Para la obtención del promedio se utilizó la siguiente ecuación:

$$prom = \sum_{i=1}^N \frac{X_i}{N}$$

Ecuación 2.3. Cálculo para el promedio del ancho del río

Donde:

$x_i$  = Posición del dato

N= Número total de datos

Otros datos que fueron necesarios para obtener el caudal de diseño se tomaron del trabajo de tesis realizado por Catuto (2019) conocido como “Modelación Hidrológica del Río Manglaralto”. A continuación, se muestran los datos tomados del estudio:

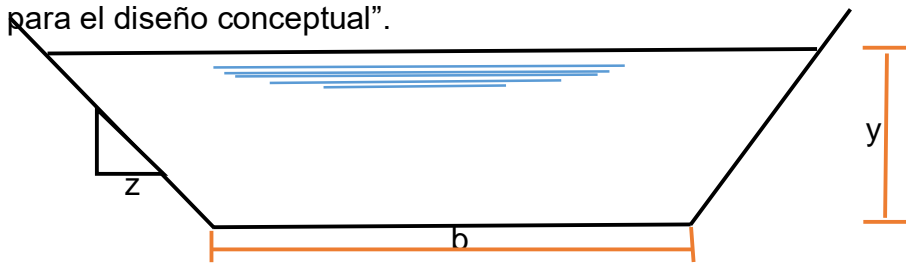
**Tabla 2.3. Datos de la revisión literaria**

Pendiente de taludes del río (z)	0,1
Pendiente del fondo del río (S)	0,01
Coefficiente de Manning (n)	0,03

Elaborado por: Autores Fuente: (Catuto, 2019)

Una vez que se obtuvieron todos los datos necesarios para el cálculo del caudal, se procedió a realizar un corte de forma trapezoidal a la sección del río. A continuación, se muestra la ilustración 8 de la sección trapezoidal del río Manglaralto y las ecuaciones que permitieron obtener el área mojada y radio hidráulico. Por otro lado, estos resultados

se podrán observar en el capítulo 3 dentro de la sección “determinación de los parámetros para el diseño conceptual”.



**Ilustración 2.3. Sección de canal trapezoidal. Fuente: AutoCAD**

$$A = (b + zy) * (y)$$

Ecuación 2.4. Cálculo área mojada. Fuente: (Chow, 1994)

$$Rh = \frac{(b+zy)*(y)}{b+(2y*(\sqrt{1+z^2}))}$$

Ecuación 2.5. Cálculo del radio hidráulico. Fuente: (Chow, 1994)

Donde:

b= Promedio del ancho del río

z= Pendiente de los taludes del río

y= máxima profundidad del área mojada

Finalmente, se utilizó la ecuación de Manning con la cual se obtuvo el caudal de diseño, cuyo resultado puede ser observado en el capítulo 3 dentro de la sección “determinación de parámetros para el diseño conceptual”. A continuación, se muestra la ecuación utilizada:

$$Q = \frac{1}{n} (A * R^{\frac{2}{3}} * S^{\frac{1}{2}})$$

Ecuación 2.6. Cálculo del caudal de diseño

Donde:

Q= Caudal de diseño

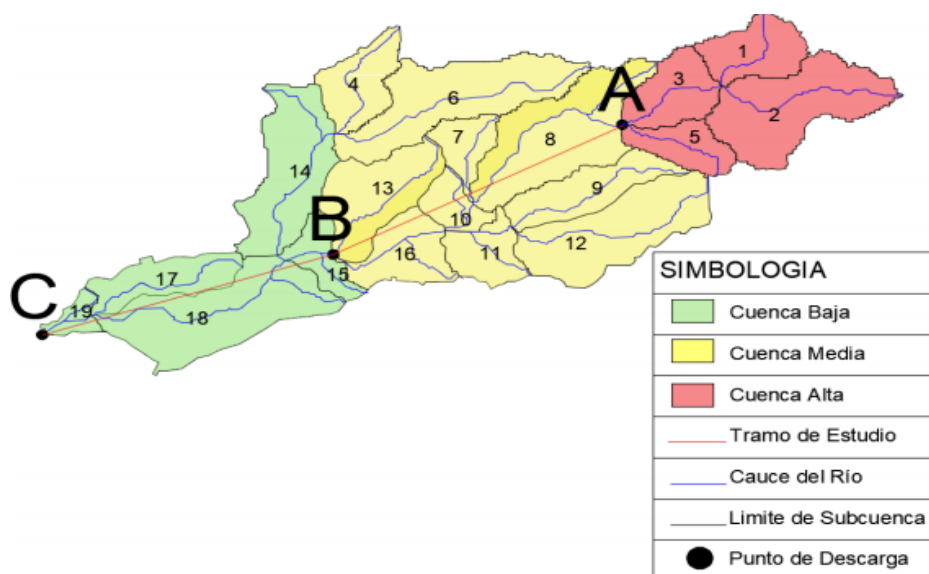
A= Área mojada

R= Radio Hidráulico

S= Pendiente del fondo del río

n= Coeficiente de rugosidad de Manning

El técnico de mantenimiento de la JAAPMAN, Blas Tomalá (2021), indicó: “El desbordamiento del río en el año 2019 se produjo porque no posee un sistema de descarga, todo el exceso de agua se hizo camino hacia los laterales del río y afectó a las viviendas cercanas”. Con lo indicado por el técnico fue necesario buscar una manera natural para que el caudal excedente que se produce durante un evento extremo como “El Niño” llegue de manera natural a la laguna de infiltración, es así que fue necesario buscar información del caudal natural en el tramo de estudio y el caudal frente a fenómenos naturales con un periodo de retorno de 100 años. Este periodo de retorno indica que se tiene un 1% de probabilidad de que vuelva a ocurrir un evento similar; por tanto, el riesgo siempre se debe considerar, pues el diseño se realiza para las peores condiciones. A continuación, se presenta la ilustración 9 en la que se observa el tramo AB, el mismo que constituye el área de diseño y la tabla 8 con los datos de los caudales:



**Ilustración 2.4. Cuenca media, tramo AB. Fuente: (Catuto, 2019)**

**Tabla 2.4. Caudales en el tramo AB**

Caudal Tramo AB	Situación Natural	Situación Futura TR=100 año
Caudal (m <sup>3</sup> /s)	270,4	605,2

Elaborado por: Autores Fuente: (Franco et al., 2019)

Una vez que se obtuvo el caudal más extremo en el tramo AB, se procedió a dimensionar el aliviadero, que servirá para descargar el tirante de agua excedente del río producto

del dique y de las fuertes precipitaciones. La base del proyecto investigativo se basó en elaborar una guía metodológica para implementar soluciones basadas en la naturaleza, se dimensionó la estructura utilizando el suelo de la zona, logrando obtener el ancho y la pendiente requerida para la descarga del excedente de agua. Se procedió a calcular el caudal de exceso y este se obtuvo al realizar una resta entre el caudal experimental obtenido mediante la ecuación 6 de Manning y el caudal teórico para un periodo de retorno igual a 100 años obtenido de (Catuto, 2019). Al conocer el caudal de exceso que se tiene en el tramo AB, se procedió a utilizar el método de prueba y error, el cual consistió en ir cambiando la dimensión del ancho del aliviadero para obtener el área mojada, radio hidráulico y un caudal aproximado a la diferencia entre el caudal experimental y teórico. También, se obtuvo un valor del porcentaje de error en las dimensiones del aliviadero, pero fue fundamental calcular la pérdida de agua por infiltración para conocer el caudal que llega a la laguna de infiltración, para dicho cálculo se utilizó la teoría definida en Chow (1994), donde se indica que canales abiertos en tierra pueden sufrir pérdida de agua por infiltración en un promedio entre el 10% y 20% por cada kilómetro según el tipo de suelo. El suelo presente en la zona es arenoso, por lo tanto, se consideró una pérdida del 20% por cada 1000m.

De los datos tomados in situ se obtuvo una distancia de 23m desde la orilla del río hasta la laguna de infiltración, por lo que fue necesario calcular el porcentaje de pérdida que se tendrá en 23m de longitud, mismo que se calculó utilizando la siguiente ecuación:

$$\%p\acute{e}rdida = \frac{(Distancia_{Aliviadero-laguna\ infiltraci\acute{o}n}) * (0,20)}{1000m}$$

Ecuación 2.7. Cálculo porcentaje de pérdida por infiltración

Una vez calculado el porcentaje de pérdida se procedió a utilizar la siguiente ecuación donde se obtuvo el caudal que se perdió por infiltración:

$$Q_{p\acute{e}rdida} = Q_{exc} * \frac{(23m) * (0,20)}{1000m}$$

Ecuación 2.8. Cálculo pérdida de caudal por infiltración

Estos resultados serán observados y analizados en el capítulo 3 dentro de la sección “Determinación de los parámetros para el diseño conceptual”, en el apartado “Dimensionamiento del aliviadero”.

Una vez que se obtuvieron las dimensiones del aliviadero, se procedió a realizar el predimensionamiento de la laguna de infiltración, donde fue necesario conocer el tiempo que tarda una gota de agua en salir de la cuenca, o también conocido como tiempo de concentración. El tramo AB que fue analizado posee diez subcuencas con su respectivo periodo de concentración que fue obtenida del estudio “Modelación Hidrológica del Río Manglaralto” elaborado por Catuto (2019), se tomó el tiempo máximo de concentración de la subcuenca que está dentro del tramo AB, dado a que se elaboró el predimensionamiento para condiciones extremas como un evento “El Niño”. A continuación, se muestra la tabla 9 donde se pudo observar que la subcuenca 6 tiene el mayor tiempo de concentración con 67.35 minutos:

**Tabla 2.5. Subcuencas del tramo AB con su tiempo de concentración.**

Subcuencas	Tiempo de concentración (Tc) minutos
4	32,37
13	45,56
16	33,06
6	67,35
7	23,43
10	25,94
11	24,54
12	51,89
8	45,62
9	43,74

Elaborado por: Autores Fuente: (Catuto, 2019)

El valor tomado para el tiempo de concentración fue justificado utilizando el método de Kirpich, el cual realiza estimaciones de tiempos de concentración de las lluvias que se presentan en la vida real y los hidrogramas de escorrentía del río Manglaralto. Durante la visita de campo se utilizó un rodillo métrico donde se obtuvo una medición de 3928 m como longitud del cauce del tramo AB, el cual fue necesario para aplicar la siguiente ecuación:

$$tc = (K) * (L^{0.770}) * (S^{-0.385})$$

Ecuación 2.9. Cálculo tiempo de concentración. Chow (1994)

Donde:

tc= tiempo de concentración

K= Coeficiente de conversión de unidades. Sistema Inglés= 0.0078; Sistema Internacional (SI)= 0.0195

L: Longitud del cauce (Tramo AB)

S= pendiente promedio del cauce

Para calcular el volumen de diseño se utilizó el caudal neto obtenido de la diferencia entre el caudal excedente y el caudal de pérdida producido por la infiltración en el aliviadero, mismo que se detalló en la metodología para el dimensionamiento del aliviadero. Se procedió a utilizar la ecuación de caudal, que es una relación entre el volumen y el tiempo de concentración. Donde se tuvo como incógnita el volumen que recibe la laguna de infiltración, el cual fue necesario para obtener las dimensiones del ancho, largo y tirante de agua:

$$V_{diseño} = Q_{neto} * tc$$

Ecuación 2.10. Cálculo del volumen de diseño. Fuente: Chow (1994)

El volumen de diseño permitió calcular dimensiones preliminares que debió tener la laguna de infiltración, mediante la siguiente ecuación:

$$V_{diseño} = A * h$$

Ecuación 2.11. Cálculo de dimensiones preliminares

Donde:

A= Área

h= Profundidad o tirante de agua

Las dimensiones preliminares se obtuvieron al hallar el área requerida para el volumen de diseño, donde se fue asignando valores de altura hasta encontrar un área que se ajuste a la disponibilidad de espacio en campo:

$$A = V_{diseño}/h$$

Ecuación 2.12. Cálculo de la profundidad

Posteriormente, se procedió a calcular la altura total de la laguna de infiltración mediante la siguiente ecuación:

$$H = h + ((0.20) * (h))$$

Ecuación 2.13. Cálculo de altura total

Luego, se utilizó el método prueba y error para encontrar valores de ancho y largo que cumplan con el volumen de diseño. Sin embargo, se utilizó el programa AutoCAD donde se realizó un corte a la sección transversal de la laguna de infiltración y se obtuvieron valores promedio del largo y ancho que debió tener la obra de diseño. Finalmente, fue necesario calcular la pérdida que se tiene por infiltración dentro de la laguna, dicha pérdida se calculó mediante el producto del área mojada con un factor promedio de las pérdidas diarias de agua por m<sup>2</sup> obtenido de Chow (1994). A continuación, se muestran los factores de pérdidas de agua de acuerdo al tipo de suelo y las ecuaciones que se utilizaron para calcular el caudal que se infiltra:

**Tabla 2.6. Pérdidas de agua según el tipo de suelo**

Tipo de suelo	Promedio de las pérdidas diarias de agua por m <sup>2</sup> de perímetro mojado (m <sup>3</sup> /día)
Arcilla impermeable	0,09
Légamo arcilloso	0,18
Arcilla Arenosa	0,25
Légamo arcilloso de arena	0,4
Légamo arenoso	0,5
Tierra y grava o material de aluvión	0,7

Elaborado por: Autores Fuente: Chow (1994)

$$\text{Perímetro mojado (m)} = b + 2(y)(\sqrt{1 + z^2})$$

Ecuación 2.14. Cálculo del perímetro mojado. Fuente: (Catuto, 2019)

Donde:

b= Ancho en metros de la laguna de infiltración

y= Altura de lámina de agua

z= Pendiente de los taludes

Una vez obtenido el perímetro mojado, se procedió a realizar el producto de dicho perímetro con la longitud de la laguna de infiltración para obtener el área mojada y posteriormente se calculó la pérdida de agua que se produce en la laguna, y para ello se utilizaron las siguientes ecuaciones:

$$\text{Área mojada} = \text{Perímetro mojado} * \text{Longitud de la laguna}$$

Ecuación 2.15. Cálculo del área mojada. Fuente: (Catuto, 2019)

$$Q_{\text{infiltración-laguna}} = \text{Área mojada} * 0.25$$

Ecuación 2.16. Cálculo de pérdida por infiltración dentro de la laguna. Fuente: (Catuto, 2019)

La finalidad por la cual se calculó el agua que se infiltra, fue conocer cuánto tiempo tardará el acuífero en obtener nuevamente el volumen ideal que, según los datos obtenidos por el técnico de mantenimiento de la JAAPMAN, Blas Tomalá (2021), cuando Manglaralto no se convertía en una zona turística y la población no demandaba el consumo excesivo de agua el volumen fue de 26'424 162.40.

Estos cálculos pueden ser observados en la sección “Determinación de parámetros para el diseño conceptual” en el apartado “Dimensionamiento de la laguna de infiltración”



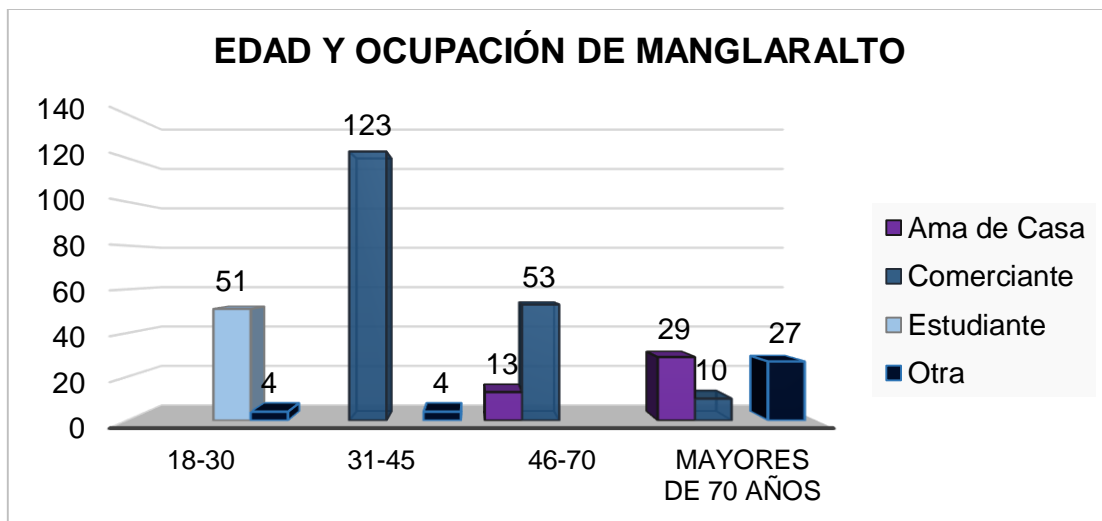
# CAPÍTULO 3

## 3. Análisis y Resultados

### 3.1. Fase I: Recopilación de Datos

#### 3.1.1. Resultados de datos primarios mediante encuestas

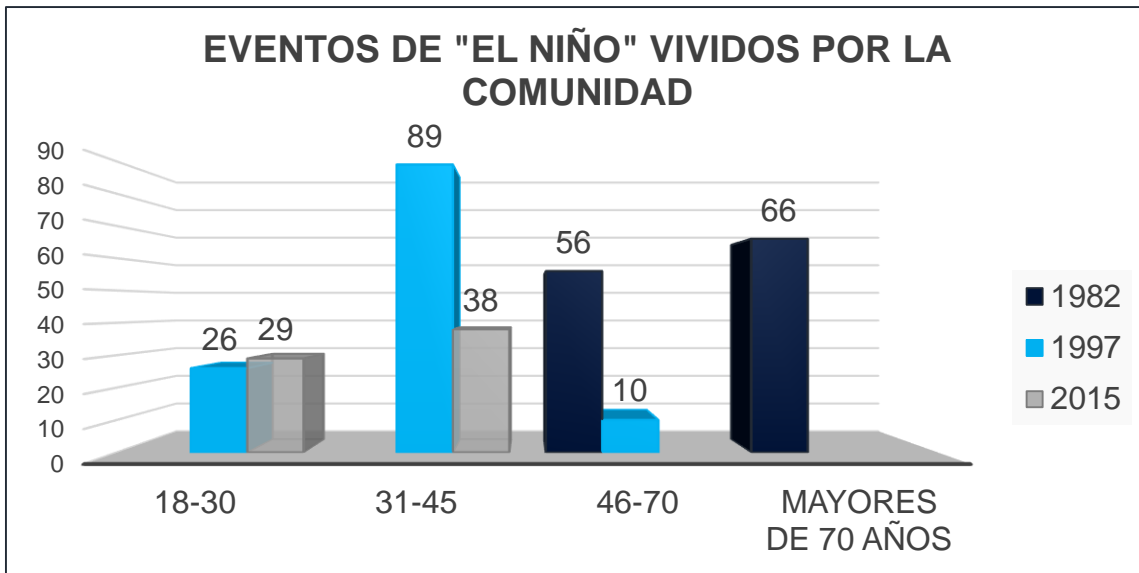
Los resultados de las encuestas permitieron conocer los efectos físicos y ambientales que produce un fenómeno “El Niño”, y a su vez ayudó a determinar las actividades más afectadas relacionadas a los SE que proporcionan los ambientes naturales.



**Ilustración 3.1. Edad y Ocupación de Manglaralto**

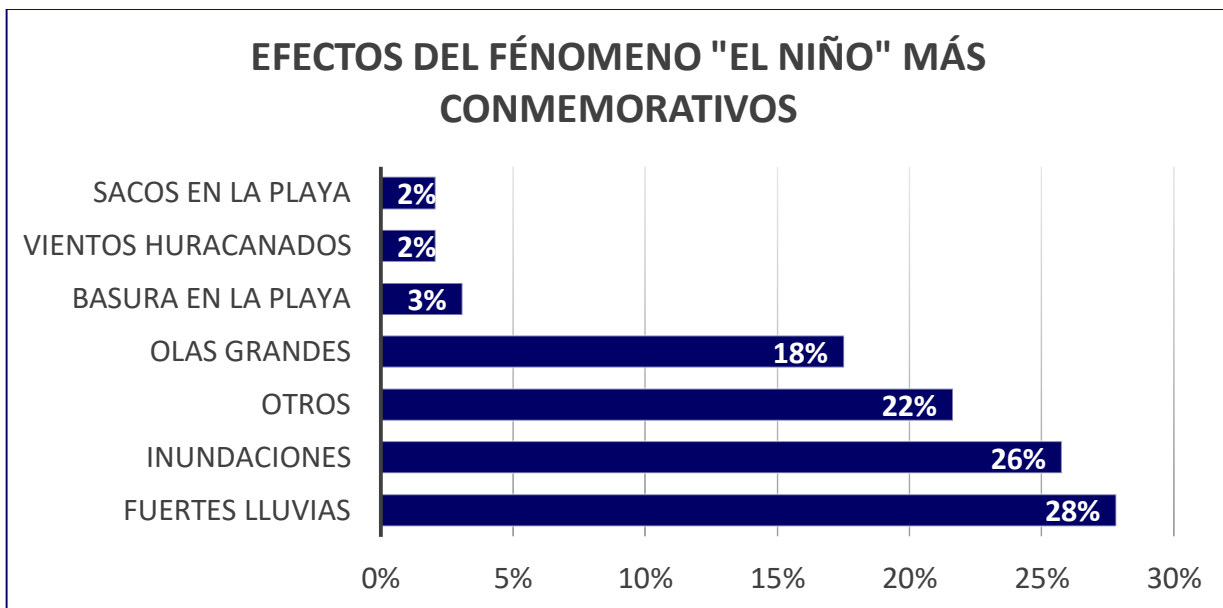
Elaborada por: Autores

En la **ilustración 10** se muestra que la mayor cantidad de los encuestados se encuentran en un rango de edad entre 31-45 años y así mismo se identificó que la mayoría de estos habitantes son comerciantes, seguido de una población con un rango de edad entre 46-70 años, donde se evidenció como actividad principal el comercio. Los demás datos estadísticos se repartieron entre jóvenes estudiantes, ancianos jubilados y amas de casa.



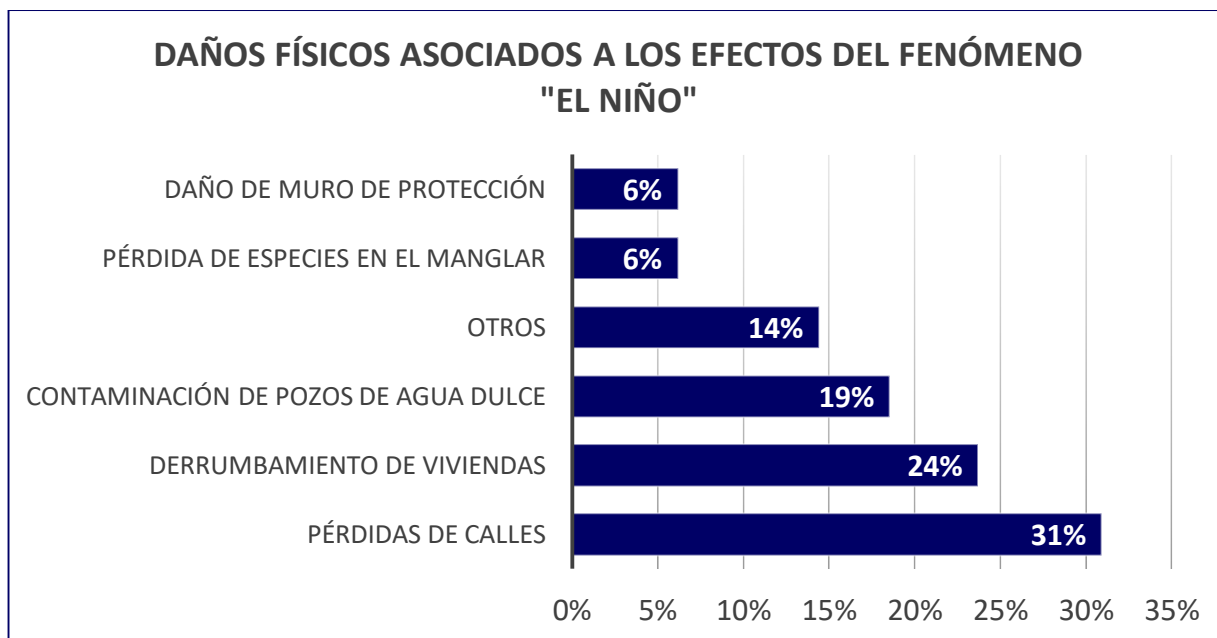
**Ilustración 3.2. Eventos de "El Niño" vividos por la comunidad**  
Elaborado por: Autores

En la **ilustración 11** se pudo reconocer que el evento más conmemorativo recordado por la población fue el fenómeno “El Niño” de 1997, dado a que los habitantes entre 31-45 años tenían más presente las vivencias de su niñez y adolescencia durante dicho evento, y a su vez la población de mayor longevidad recuerda el fenómeno ocurrido durante el año de 1982. El pequeño porcentaje de los habitantes que recuerda el evento del niño 2015 se debió a que contaban con una protección costera como el enrocado, lo que amortiguó gran parte de los efectos vividos durante los dos fenómenos anteriores.



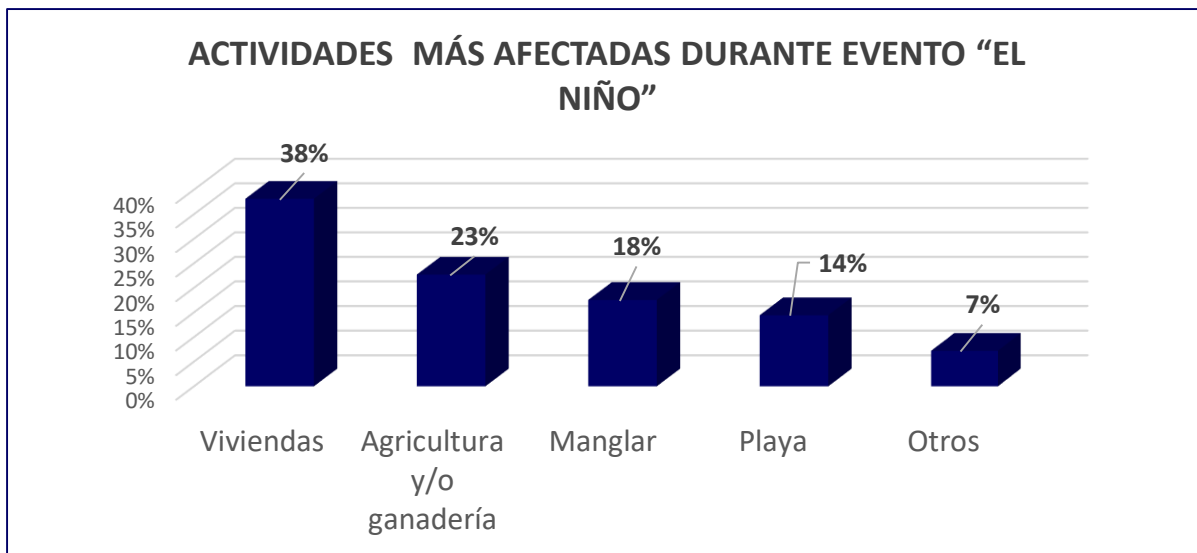
**Ilustración 3.3. Efectos del Fenómeno "El Niño" más conmemorativos**  
Elaborado por: Autores

En la **ilustración 12**, se pudo observar las afectaciones más recurrentes, donde las fuertes precipitaciones tuvieron un 28%, seguido de las inundaciones con un 26%, y otros efectos como deslizamiento de tierras, pérdida de ganado, creación de refugio tuvieron un 22%. Estos porcentajes hacen referencia a los efectos que produjo el fenómeno “El Niño” de 1997 por ser el fenómeno más recordado entre los encuestados.



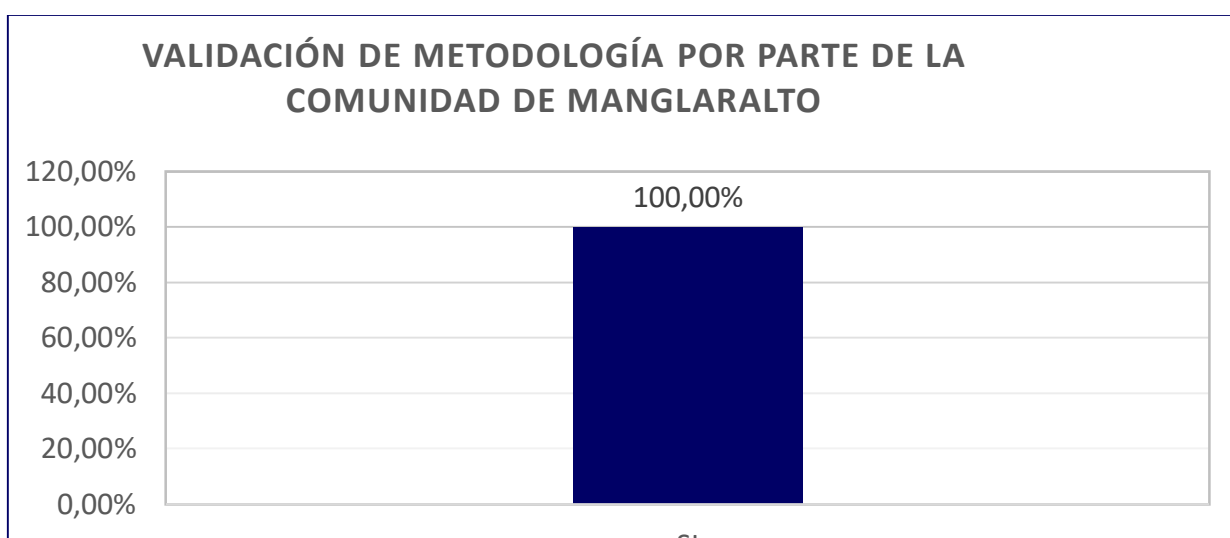
**Ilustración 3.4. Daños físicos asociados a los efectos del Fenómeno "El Niño"**  
Elaborado por: Autores

En la **ilustración 13**, se pudo identificar que los daños físicos más recurrentes de los eventos “El Niño” fueron la pérdida de calles y el derrumbamiento de viviendas, los cuales ocuparon un porcentaje máximo de 31% y 24% respectivamente. Es importante mencionar que durante el fenómeno se produjo la elevación del mar, lo que potenció la intrusión salina en el acuífero de Manglaralto con un 19% de afectación, así mismo, se tuvo un porcentaje de 14% a otros daños físicos, los cuales fueron desbordamiento de ríos, destrucción de vegetación e infraestructura eléctrica.



**Ilustración 3.5. Actividades más afectadas durante el evento "El Niño"**  
Elaborado por: Autores

En la **ilustración 14**, se evidenció que de acuerdo a los encuestados las actividades más afectadas durante el fenómeno fueron la construcción de viviendas, pérdida de la agricultura y ganadería, erosión en la playa con un 23% y 14% respectivamente. Por otra parte, se vieron afectadas otras actividades como el turismo y la vegetación que fue arrasada por el desbordamiento de los ríos con un 7%. Cabe mencionar que dentro de esta pregunta se colocó al manglar y los habitantes indicaron que el manglar ha sido afectado únicamente por las actividades del hombre como la deforestación. Talan sus árboles como fuente para madera e inclusive utilizan su área de terreno para la construcción de viviendas.



**Ilustración 3.6 Validación de Metodología por parte de la comunidad de Manglaralto**  
Elaborado por: Autores

En la **ilustración 15**, se pudo comprobar la respuesta positiva por parte de los habitantes hacia una metodología donde se establezca como prioridad proteger el ecosistema, pues se tiene muy presente que la mayoría de las afectaciones que tienen en la actualidad como la falta del recurso hídrico (agua dulce), inundaciones, sequías, intrusión salina, desbordamiento de ríos se han presentado por la destrucción de hábitats naturales. Por esta razón, los habitantes requieren soluciones ecoamigables donde se garanticen los derechos de la naturaleza, y es por esto que nuestro proyecto investigativo se centró en estudiar SbN que mitiguen los impactos de un fenómeno “El Niño”, y a su vez permita la restauración de los hábitats afectados.

### **3.1.2. Variación cronológica de las zonas de estudios a través de imágenes satelitales**

En la siguiente cronología de imágenes satelitales que se obtuvieron de Google Earth Pro, se pudo evidenciar el cambio en el ecosistema natural que ha tenido la Cabecera Parroquial de Manglaralto a través del tiempo. En el año de 1982, se observó pocos asentamientos urbanos, presencia de manglar y gran extensión de playa, debido a que aún no era una playa turística y conservaba su sistema natural de protección como la zona de dunas, y la vegetación presente en dicha zona que actúa como disipador del oleaje. Además, es importante mencionar que la presencia de manglar actúa como una barrera natural para la prevención y mitigación frente a inundaciones.

Sin embargo, en el año 2006 se pudo observar la presencia de un enrocado artesanal como medida protectora ante los efectos causados por los fenómenos naturales del año 1982 y 1997. Por lo tanto, la zona de duna que era una barrera natural fue afectada por la construcción de viviendas y de dicha infraestructura gris. Adicionalmente, se pudo determinar que existía abundante zona de manglar alrededor del río y frente al mismo, dado a que no existían asentamientos urbanos.

Para el año 2016, ya se había presentado el tercer evento más conmemorativo del niño vivido en Ecuador, el cual paso desapercibido por los habitantes producto del enrocado que mermo los efectos antes vividos por la población. Sin embargo, se pudo evidenciar en las imágenes que se ha producido erosión en un área del enrocado y esto se debe a

que el fenómeno incremento la fuerza del oleaje, además, producto de la infraestructura se produjo una alteración en el transporte de los sedimentos ocasionado una reducción de la zona de playa. Adicionalmente, Manglaralto se ha convertido en una zona turística por lo que la Alcaldía de Santa Elena llevo a cabo la construcción de un malecón y para dicha obra se pudo evidenciar en las imágenes la deforestación del hábitat natural al borde la ribera del río.

En el año 2019, se identificó que el mar sigue ganando terreno, producto de la erosión en áreas del enrocado, así mismo, se observó construcción de viviendas sobre la infraestructura lo que debilitó la obra. De manera consecuente, Manglaralto ya considerada como un lugar turístico ha generado un incremento poblacional y ha llevado en gran parte a sus habitantes a dedicarse al comercio, lo que desencadenó en construcción de cabañas frente a la playa, asentamientos urbanos sin planificación, aumento del consumo de agua y se siguió afectando las pocas zonas frágiles presentes como el río, manglar, entre otras. Otro mal manejo de los SE como la extracción de piedra ripio del río para el asfalto de las calles y construcción del malecón también ha afectado a los hábitats naturales, esto ha cambiado la dinámica del cauce del río lo que potenció las inundaciones en la cuenca media y alta, de manera consecuente la demanda excesiva del líquido vital permitió el déficit hídrico de su acuífero provocando que el agua de mar avance por el subsuelo, lo que produjo una salinización en los pozos perforados para el abastecimiento de agua dulce en la comunidad.



**Ilustración 3.7. Vista satelital en Manglaralto 1982, 2006, 2016 y 2019**

Elaborado por: GAD Manglaralto y Google Earth Pro

## 3.2. Fase II: Análisis De Las Soluciones Basadas En La Naturaleza

### 3.2.1. Análisis de la Línea Base Ambiental

El análisis de la línea base ambiental se divide en varios estudios de la zona, la cual consistió en la caracterización abiótica, biótica e identificación de los servicios ecosistémicos con la finalidad de obtener los factores decisión más significativos dentro del ámbito ambiental y técnico.

#### 3.2.1.1. Meteorología

La cabecera parroquial de Manglaralto se encuentra en un promedio de 8 metros sobre el nivel del mar, su clima es tropical y su temporada de lluvia ocurre en verano, ya que en el invierno se considera estación seca. La temperatura media anual de Manglaralto ronda los 23,1 ° C y la precipitación anual es de 795 mm. (Clima Manglaralto, 2020)

La tabla a continuación permitió identificar los valores de temperatura media, mínima, máxima, precipitación, humedad y días lluviosos y durante los meses del año, estas variables comprenden la definición climática actual en Manglaralto.

**Tabla 3.1. Datos de clima Manglaralto**

Temp/Mes	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sept	Oct	Nov	Dic
Temperatura media (°C)	24.4	25	25.3	24.8	23.7	22.4	21.8	21.5	21.5	21.7	22.2	23.3
Temperatura min. (°C)	22.5	23.3	23.4	23	22.1	20.8	20.1	19.7	19.6	19.8	20.1	21.2
Temperatura máx. (°C)	27.6	27.8	28.2	27.9	26.7	25.5	25.2	25.4	25.6	25.6	26.3	27.2
Precipitación (mm)	108	161	155	117	70	35	25	15	25	19	20	45
Humedad (%)	83%	84%	83%	85%	86%	86%	84%	83%	83%	82%	81%	81%
Días lluviosos (días)	10	14	14	12	10	6	4	2	4	3	3	5

**Fuente: CLIMATE – DATA .ORG**

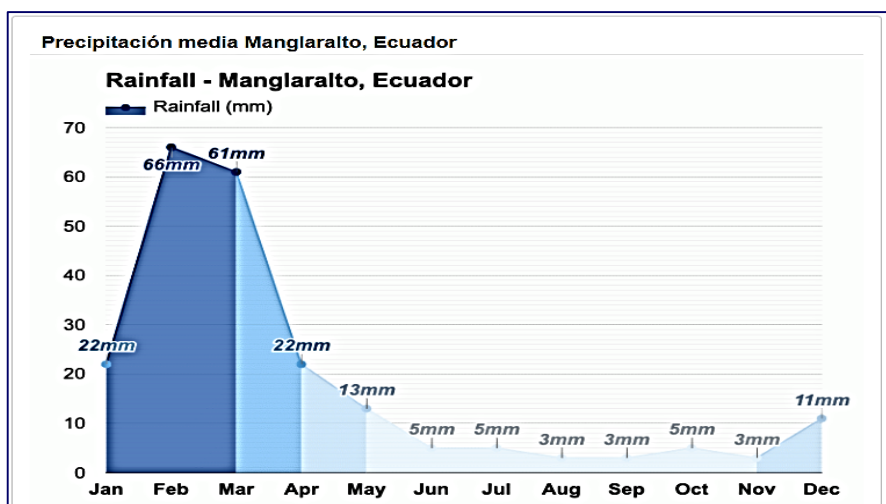
Elaborado por: CLIMATE – DATA .ORG



Dentro de esta sección, también, se describió los fenómenos físicos que suceden en la atmósfera relacionados al proyecto como: la precipitación y marea, que influyen directamente en las afectaciones de la comunidad.

### 3.2.1.1.1. Precipitación

Se procedió a identificar de acuerdo a la siguiente grafica la precipitación anual en la parroquia Manglaralto. Donde se obtuvo como resultado que el mes más lluvioso es febrero con 66mm y los meses menos lluviosos son agosto, septiembre y noviembre con 3mm (weatheratlas,2021). Además, se pudo corroborar que durante un evento extremo como “El Niño” las precipitaciones en los meses que comprenden enero-abril alcanzaron los 266mm.



**Ilustración 3.8. Precipitación Mensual de Manglaralto**  
Elaborado por: WeatherAtlas

### 3.2.1.1.2. Mareas

En la parroquia de Manglaralto, se determinó que las mareas tuvieron ciclos de medio día o semidiurnas, con periodos de 11.5-13.5 horas. El tiempo de marea alta y baja fue aproximado al de las estaciones La Libertad y Monteverde. La estación más próxima a Manglaralto es la estación Monteverde, por lo tanto, los datos históricos de mareas guardan una similitud con los datos de Manglaralto. A continuación, se presenta la tabla 12 con las características de mareas más importantes:

**Tabla 3.2. Mareas observadas en Monteverde durante el año 1988 entre el 16 de junio y el 1 de julio**

<b>Características</b>	<b>Abreviatura</b>	<b>Valor</b>
Max. Marea Astronómica	M.T.	2.400
Promedio de pleamares mayores	M.H.H.W.	2.243
Promedio de pleamares de cuadratura	M.H.W.N.	1.783
Nivel medio del mar	M.S.L.	1.200
Promedio de bajamares de cuadratura	M.L.W.N.	0.617
Promedio de bajamares de mayores	M.L.L.W	0.157
Bajamar más bajo del mes	L.T.	0.000

Fuente: Proyecto CENAIM

El incremento de las mareas permitió que se introduzca agua de mar hasta la desembocadura del río y en la fase lunar de sicigia, inclusive, se puede encontrar una cuña salina hasta unos pocos metros antes de la cabecera.

En Manglaralto, no se tiene un sistema de aprovechamiento para el agua lluvia, excepto los diques y tapes que tienen en la cuenca media y alta del río; pero estas obras son recientes y anteriormente toda el agua desembocaba en el mar, lo que produjo que el agua de mar avance con mayor rapidez hacia el subsuelo salinizando el agua dulce de su acuífero. (Franco et al., 2019)

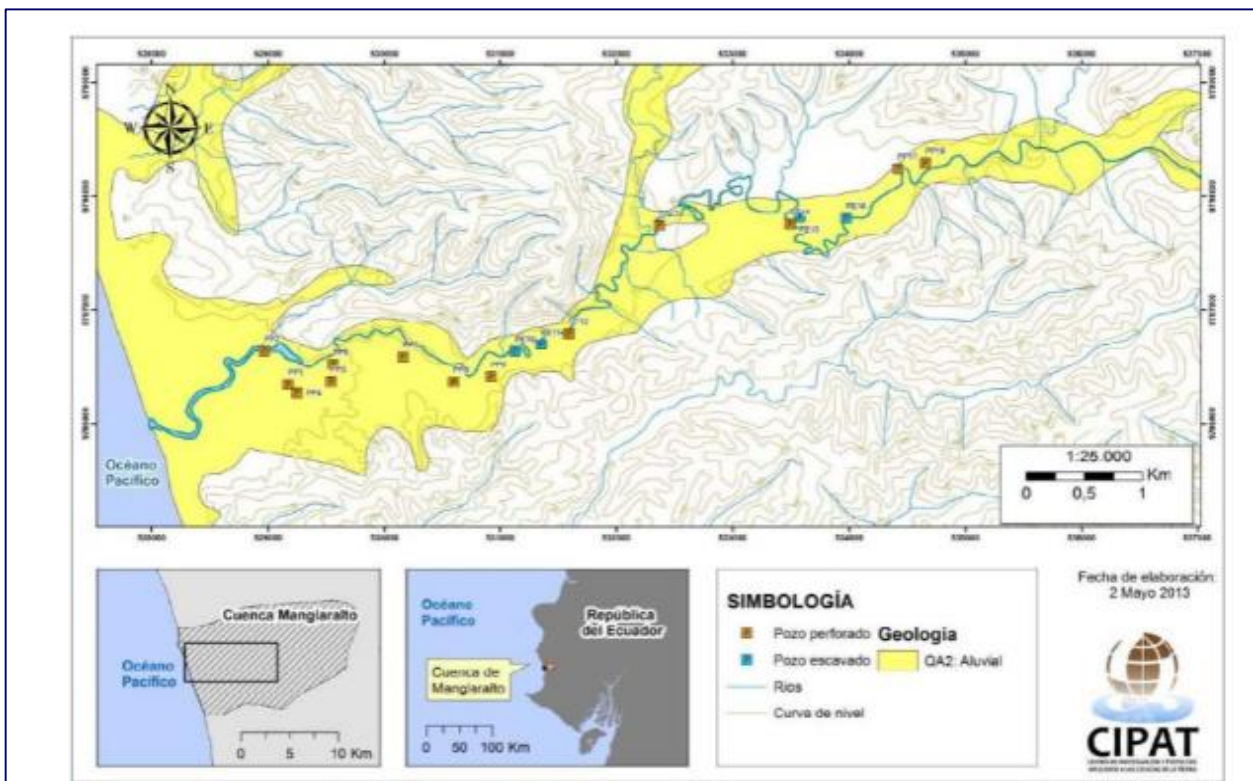
### **3.2.1.2. Hidrología de Manglaralto**

La hidrología de Manglaralto dentro de este proyecto investigativo comprendió varias secciones como:

- Morfología de la cuenca del Río Manglaralto
- Cuenca de Manglaralto
- Red Hidrográfica
- Situación de la Cuenca de Manglaralto

#### **3.2.1.2.1. Morfología de la cuenca del río Manglaralto**

Las crecidas de los ríos y su comportamiento se distinguen por características morfológicas diferentes de la cuenca, la cual se pudo ver afecta por la extracción de materiales utilizados para la construcción de calles, viviendas, edificaciones, malecones y entre otras. Esto pudo afectar la forma de la cuenca, el tamaño, caudal, sedimentación y la pendiente de la cuenca; estos factores son de suma importancia para comprender el comportamiento del flujo del caudal. Las propiedades del funcionamiento aumentan el flujo y la velocidad que viaja el caudal (Amado, 1990)

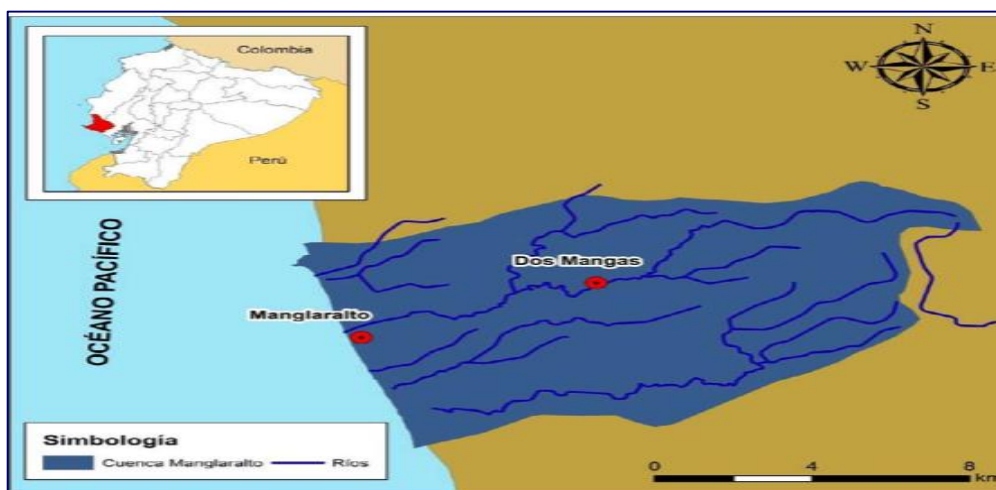


**Ilustración 3.9. Morfología de la cuenca y pozos perforados.**

Fuente: JAAPAM, obtenido mediante visita de campo.

### 3.2.1.2.2. Cuenca de Manglaralto

La cuenca de Manglaralto tuvo como característica principal poseer suelos aluviales como arcillas, limo y arena coloidal, teniendo como característica principal ser permeables y de textura blanda; así como suelos arenosos compuestos por materia orgánica producto de las actividades antropogénicas que realiza el hombre como la ganadería en las zonas cercanas a las riberas del río.



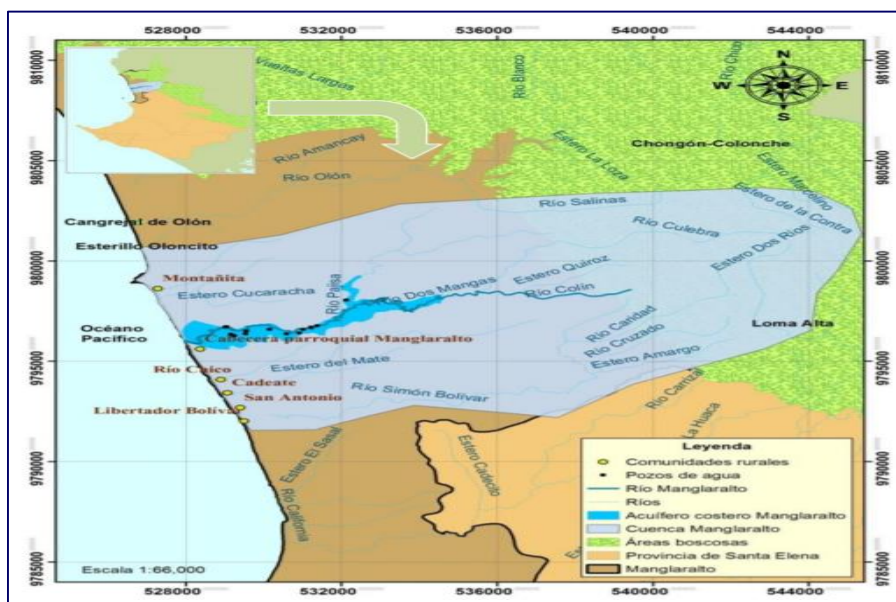
**Ilustración 3.10. Localización de los pozos en la parroquia Manglaralto**  
Elaborado por: CIPAT- ESPOL

### 3.2.1.2.3. Red hidrográfica

La red hidrográfica del río Manglaralto ha sido considerada un punto de interés para el proyecto del geoparque Ancón-Santa Elena por las siguientes razones:

- Es un sistema hidrogeológico natural.
- Se origina en las montañas de Chongón-Colonche, la principal cordillera de la costa del Ecuador.
- Es el motor del desarrollo de las comunidades rurales. Desde 1979, se ha considerado como un suministro principal de agua y de vital importancia para el desarrollo de sus habitantes.

El sistema río-acuífero costero Manglaralto comprende el norte de la provincia de Santa Elena, integrando varios factores; así como la cuenca hidrográfica de Manglaralto, el acuífero costero, ríos, precipitaciones, pozos de agua, zonas boscosas, comunidades, actividades económicas y demás, como se lo muestra en la siguiente ilustración:



**Ilustración 3.11. Entorno del sistema río-acuífero costero Manglaralto**

Se realizó un reconocimiento de campo para determinar el estado actual de los catorce pozos principales perforados hasta la actualidad. En esta localidad, se tuvo la oportunidad de entrevistar al Técnico de Mantenimiento del Agua Potable de Manglaralto, Sr. Blas Tomalá, donde indicó que, actualmente, cuatro pozos se encuentran inhabilitados por salinización y un pozo está inhabilitado por agotamiento (déficit hídrico). A continuación, se muestra la tabla 13 con el estado actual de los pozos en Manglaralto.

**Tabla 3.3. Estado de la Red Hidrográfica de Manglaralto**

Pozos	Salinidad (g/l)	Impacto	Estado
1	0,4	Bajo	Funcionamiento Parcial
2	4,1	Alto	Paralizado
3 <sup>a</sup>	3,1	Alto	Paralizado
3B	2,5	Alto	Paralizado
4	3,1	Alto	Paralizado
5 <sup>a</sup>	0,5	Medio	Funcionamiento
5B	0,7	Medio	Funcionamiento
6	0,5	Medio	Funcionamiento
7	0,4	Bajo	Paralizado por Déficit Hídrico
8	0,9	Medio	Funcionamiento
11	0,4	Bajo	Funcionamiento
12	0,6	Medio	Funcionamiento
13	0,4	Bajo	Funcionamiento
14	0,4	Bajo	Funcionamiento

Nivel de Salinización	
Bajo	0 - 0,4
Medio	0,5 - 1
Alto	> 1

Elaborado por: Autores - Fuente: JAAPMAN

En esta tabla se observa los niveles de sales disueltas en los pozos de agua. De acuerdo a la Organización Mundial de la Salud (OMS) recomienda que la cantidad permisible en un volumen de agua es 0,25 g/l y este valor se encuentra únicamente ligado al sabor del agua, sin producir ningún daño fisiológico. De forma consecuente a esta información, se determinó el impacto del nivel de salinización, en lo cual se clasificó todos los valores menores a 0,4 g/l como un impacto bajo, los valores entre 0,5 y 1 g/l como un impacto medio y, finalmente, todos los valores mayores a 1 g/l como impacto alto. (Truque, 2012)

El estado de los pozos mostrado en la tabla 13, permitió identificar que el 28,57% de los pozos tienen un alto nivel de salinidad y se encuentran paralizados, mientras que el 35,72% y el 35,71% corresponden a un nivel medio y bajo de salinidad respectivamente, por lo que los habitantes del GAD-P cuentan con tan sólo 9 de 14 pozos en funcionamiento. Cabe recalcar que existen perforaciones conjuntas a los pozos tecnificados, los cuáles alimentan a los pozos primarios para evitar el avance de la salinidad. También, es importante mencionar que uno de los pozos se encuentra paralizado por un déficit hídrico, producto de la escasez de lluvia y el mal manejo del recurso no renovable.

#### **3.2.1.2.4. Situación de la cuenca de Manglaralto**

La superficie de uso de suelo consta de 90 hectáreas incluyendo áreas rurales, zona de aterrizaje, locales comerciales, y ya existe una superficie a 122.5 hectáreas con proceso de urbanización (Datos Obtenidos por Dirección de Recursos Hídricos Prefectura de Santa Elena).

En la tabla 14 se pudo visualizar los principales componentes de la cuenca hidrográfica de Manglaralto con respecto al volumen consumido, salinidad, caudal, nivel estático, nivel freático, entre otras. Existen perforaciones conjuntas a los pozos tecnificados, los cuáles alimentan a los pozos primarios para evitar el avance de la salinidad. (Tomala, 2021)

**Tabla 3.4. Principales características del Sistema Río-Acuífero Costero Manglaralto**

<b>SISTEMA RÍO-ACUÍFERO COSTERO MANGLARALTO</b>	
<p><b>Cuencas hidrográficas</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Cuenca del Río Manglaralto 5,400.90 ha                             <ul style="list-style-type: none"> <li>•Cuenca del Río Olón 5,615.40 ha</li> <li>•Cuenca del Río Oloncito 267.80 ha</li> </ul> </li> <li>•Cuenca del Río Montañita 2,998.20 ha</li> <li>•Cuenca del Río Cadeate 1,480.90 ha                             <ul style="list-style-type: none"> <li>•Cuenca del Río Chico 208.50 ha</li> </ul> </li> <li>•Cuenca del Estero Simón Bolívar 4,466.10 ha                             <ul style="list-style-type: none"> <li>•Cuenca del Estero Salinita 365.80 ha</li> </ul> </li> </ul>	<p><b>Hidrogeología</b></p> <p>Formación natural Superficie de 508.25 ha</p> <p>Acuífero costero, detrítico y semiconfinado</p> <p>Terreno compuesto principalmente por materiales clásticos</p> <p>Relación de poros del estrato de arena-grava: 22%</p> <p>Altura promedio del acuífero: 23.632 m § Espesor promedio de 20 m</p> <p>Volumen ideal del acuífero: 26'424,162.40 m<sup>3</sup></p> <p>Volumen actual del acuífero: 8'533,734.20 m<sup>3</sup></p> <p>Agua dura tipo cálcica-sódica y con alto contenido de bicarbonatos, sulfatos y cloruros; enriquecido en isótopos pesados</p> <p>Clase USDA: C3S1 y C3S2</p> <p>Profundidad promedio de los pozos: 30.05 m</p> <p>PH promedio: 7.47</p> <p>Caudal promedio: 8.60 m<sup>3</sup>/s</p> <p>Salinidad promedio 0.45%</p> <p>Temperatura promedio 27.20°C</p> <p>Nivel estático promedio: 12.13 m desde la superficie.</p> <p>Nivel Freático 7m</p>
<p><b>Recarga</b></p> <p>Zonas boscosas cercanas:</p> <p>Cordillera Chongón-Colonche 83,953.63 ha</p> <p>Bosque de Dos Mangas 2,840 ha</p> <p>Reserva Ecológica Comunal de Loma Alta 2,863.38 ha</p> <p>Cangrejal de Olón 6,87 ha</p> <p>Esterillo Oloncito 2,33 ha</p> <p>Precipitación promedio anual: 255 mm §</p> <p>Aguas superficiales: Ríos y esteros</p>	<p><b>Gestión</b></p> <p>El acuífero costero Manglaralto es administrado por la JAAPMAN (entidad comunitaria)</p> <p>Pozos de agua: Existen 14 pozos de agua, de los cuales funcionan 9</p> <p>Comunidades abastecidas: Cabecera parroquial Manglaralto, Montañita, Cadeate, Río Chico, San Antonio, Libertador Bolívar</p> <p>Población abastecida: 23,586 personas entre habitantes y población flotante</p> <p>Consumo de agua, año 2016: 593,177 m<sup>3</sup></p> <p>Precio: Viviendas/Consumo doméstico \$0.40-\$0.50/m<sup>3</sup>, Hostales pequeños y restaurantes \$0.50-\$0.75/ m<sup>3</sup>, Hostales grandes y hoteles \$0.75-\$1.00/m<sup>3</sup></p>
<p><b>Principales proyectos de investigación ejecutados</b></p> <p>RLA/8/041: Application of Isotopic Tools for Integrated Management of Coastal Aquifers.</p> <p>RLA/7/016: Using Isotopes for Hydrogeological Assessment of intensively exploited aquifers in Latin America.</p> <p>ECU/8/026: Caracterización de acuíferos costeros en la península de Santa Elena.</p>	<p><b>Regulación</b></p> <p>Ley de las Juntas administradoras de Agua potable y Alcantarillado del 29 de marzo de 1979</p> <p>Ley de Recursos Hídricos, Usos y Aprovechamiento del Agua del 6 de agosto de 2014</p>

Elaborado por: Autores Fuente: JAAPMAN

### 3.2.1.3. Uso de suelo

El suelo del río de Manglaralto presento diversas alteraciones, dentro de sus estratos se tenía piedra, limo y arcilla. Pero este ha sido afectado por el retiro de la piedra del río para la construcción de calles y malecón, así mismo, se aumentó los cultivos, ganadería, silvicultura, asentamientos urbanos sin planificación; lo que redujo la vegetación natural

como bosques y manglares. En la tabla 15 se pudo identificar el uso de suelo actual por parte de la población y, adicionalmente, se colocó el nivel de restricción del uso para cada zona.

**Tabla 3.5. Superficie de Uso de Suelo**

<b>SUPERFICIE DE USO DE SUELO ACTUAL</b>			
<b>Cobertura</b>	<b>Has</b>	<b>%</b>	<b>Nivel de Restricción</b>
Zona urbana y rural	219.9	4.08%	Restringida
Bosque	3233.9	61.94%	Requiere adecuaciones considerables
Agricultura	172.2	3.30%	Requiere adecuaciones considerables
Matorral	1596.5	30.58%	Requiere adecuaciones menores
Manglar	2.5	0.05%	Restringida
Playa	3	0.06%	Restringida
<b>Total</b>	<b>5221</b>	<b>100%</b>	

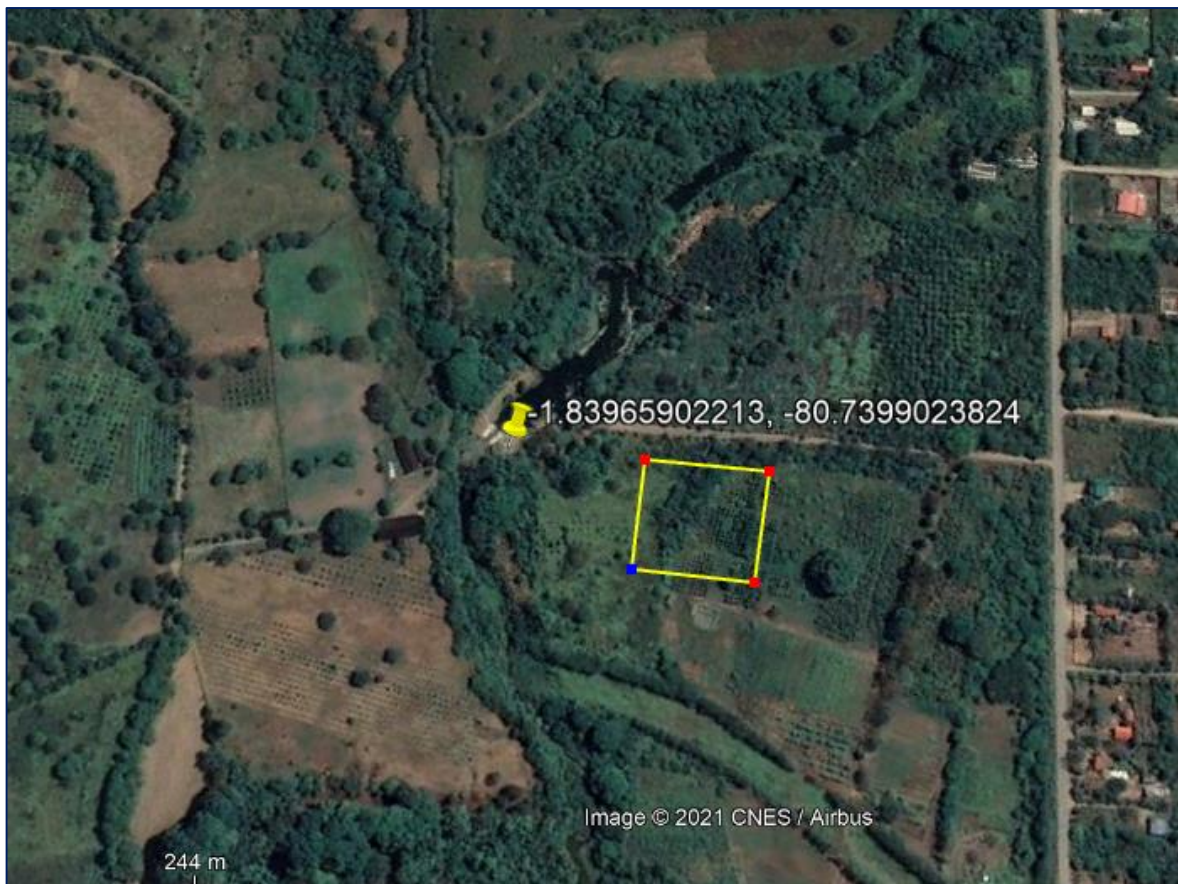
Elaborado por: Autores Fuente: (Catuto, 2019)

Se evidenció en la tabla anterior que en la zona de estudio el 61.94% del uso del suelo es ocupado por el bosque, sin embargo, esta área requiere de adecuaciones considerables para la implementación de una solución, ya que en él se encuentra la mayor parte de biodiversidad de la cabecera cantonal. Por consiguiente, se encuentra con un 30.58% la zona del matorral, el cual demuestra que es un área que requiere de adecuaciones menores para la implementación de la obra. Seguido por las zonas urbanas, rural, manglar y playa que son área totalmente restringidas para su modificación.

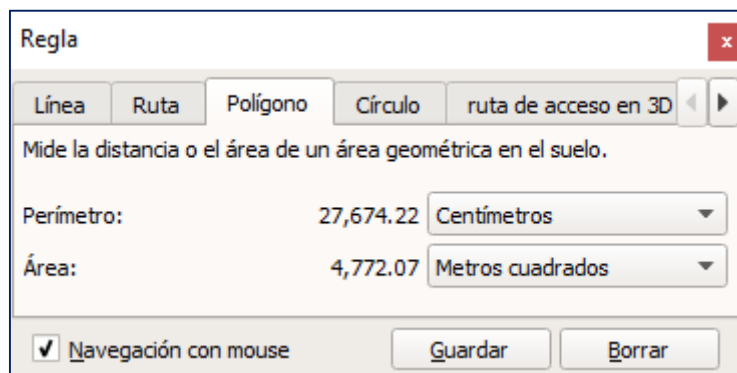
En la visita de campo realizada el 15/07/2021, se pudo identificar diversas áreas como: terrenos baldíos, matorrales y propiedades que pertenecen a la JAAPMAN, disponibles para la implementación de cualquier obra ecoamigable con la intención de mitigar los problemas de inundaciones durante las fuertes precipitaciones que se presentan por un fenómeno como “El Niño”, las mismas que producen el desbordamiento del río Manglaralto a causa de los diques colocados en la cuenca media y alta. Además, con la obra se prevé mitigar los problemas persistentes de inundación por el caudal en exceso y el déficit hídrico durante la época de sequía que incrementó la contaminación salina de los pozos. A continuación, se pudo identificar en la ilustración 21 una de las áreas disponibles, donde se detalló el perímetro y área del terreno. Este terreno se encuentra cercano al dique de hormigón, el cual se pudo observar en un buen estado, dado a que



es una obra reciente. Estos terrenos pertenecen a la JAAPMAN y que requieren adecuaciones menores para la implementación de cualquier solución seleccionada.



**Ilustración 3.12. Área disponible para la implementación de la solución.**  
Elaborado por: Autores



**Ilustración 3.13. Perímetro (cm) y área (m) del área disponible.**  
Elaborado por: Autores

### 3.2.1.4. Factores biótico y abiótico de la cabecera parroquial de Manglaralto

En la zona de estudio se encontró factores bióticos con una gran biodiversidad de flora y fauna. Por ejemplo, en la flora se tuvo diferentes tipos de manglar desde el rojo al manglillo, también se pudo identificar orquídeas, helechos, pinus y entre otros. Por otra parte, en la fauna se presentó gran variedad de especies de peces, aves, crustáceos, mamíferos, bivalvos, entre otros. Simultáneamente, dentro de esta sección se analizó los factores abióticos que poseen los ecosistemas marino-costeros, los cuales son muy diversos en la parroquia Manglaralto y entre ellos se encuentran: ríos, acantilados, playas, arrecifes rocosos y zona intermareales.

**Tabla 3.6. Plan Ordenamiento Territorial de Manglaralto (PDOT), 2019-2023**

FACTORES BIÓTICOS			
Recurso	Descripción del Recurso bajo presión común	Nombre científico causas de degradación	
Macrofauna	Tortugas Marinas (Carey y laúd)	<i>Eretmochelys imbricata</i>	Artes de pesca Tipos de anzuelo
		<i>Dermochelys coriacea</i>	Presión antrópica: turismo, pesca indiscriminada, deterioro de
			Afectación de sus hábitats por contaminación de ruido, desechos sólidos, entre otros contaminantes
			Incremento de turismo perjudica sus nichos ecológicos.
	Yubarta o Ballena Jorobada	<i>Megaptera novaeangliae</i>	Incremento del ruido causado por el turismo.
			El dióxido de carbono que emanan las embarcaciones de pesca afectan a la reproducción, los ballenatos pueden quedar atrapados en las redes usadas.
	Tiburones	<i>Sphyrna lewini</i>	Artes de pesca
		<i>Sphyrna zygaena</i>	Pesca incidental
	Manta Rayas	<i>Manta birostris</i>	Artes de pesca
			Pesca incidental
	Briozoos	<i>Bugula californica</i> , <i>Bugula neritica</i> , <i>Membranipora</i> sp,	Contaminación por desechos sólidos y danos de ecosistemas por redes de arrastre.
		<i>Hippoporin verrilli</i> , <i>Crissia</i> sp.	
	Poliquetos	<i>Spirobranchius giganteus</i> , <i>Salmancina tribanchiata</i> , <i>Sabelaridos</i> .	Contaminación por desechos sólidos y danos de ecosistemas por redes de arrastre.
	Esponjas	<i>Aplysilla sulphurea</i> , <i>Aplysina</i>	
		sp, <i>Tedania</i> sp, <i>Esponja lila</i> .	
Moluscos	<i>Hipponix pilosus</i> , <i>Pintada mazatlanica</i> , <i>Pteria sterna</i> .		
Moluscos concha spondylus	<i>Spondylus calcifer</i>	Sobre explotación del recurso para artesanías y sobre pesca.	

	Artrópodos	Megabalanus penninsularis, Balanus sp.	Contaminación por desechos sólidos y danos de ecosistemas por redes de arrastre.
	Cnidarios corales	Leptogorgia alba,	Contaminación por desechos sólidos y danos de ecosistemas por redes de arrastre.
		Pacifigorgia adamsii,	
		Antipathes galapaguensis,	
		Myriopathes panamensis,	
		Leptogorgia lila,	
	Leptogorgia cuspidata		
	Equinodermos pepinos de mar	Isostichopus fuscus	Contaminación por desechos sólidos y danos de ecosistemas por redes de arrastre y sobre explotación del recurso.
<b>Peces comerciales</b>	Roncador	Anisotremus interruptos	Presión antrópica: actividades turísticas, sobre pesca y deterioro del ecosistema vieja Bodianus diplotaenia por contaminación.
	Vieja	Bodianus diplotaenia	
	Cherna	Cephalopholis panamensis	
	Gandío	Cratinus agassizii	
	Cabrilla	Epinephelus labriformis	
	Mojarra	Gerres simillimus	
	Mojarra gris	Haemulon scudderi	
	Chopa	Kypsossus elegans	
	Pargo amarillo	Lutjanus argentiventris	
	Pargo de la mancha	Lutjanus guttatus	
	Huayaípe	Seriola rivoliana	
<b>Fauna (Ecosistema de Manglar)</b>	Crustáceos (cangrejo azul)	Cardisoma crassum	Sobre explotación del recurso (pesca).
	Aves	Platalea	Deforestación, deterioro del ecosistema y asentamientos humanos sin planificación.
		Phalacrocorax auritus,	
		Haematopus palleatus, Nyctanassa violacea, Nicticorax	
	nixticorax, Odontophorus gujanensis, Charadrius		
<b>Fauna (Bosque Deciudo)</b>	Venado de cola blanca	Odocoileus virginianus	Deforestación y pérdida de ecosistemas.
<b>Fauna (Bosque húmedo Tropical)</b>	Jaguar costeño	Pantera onca	Caza
	Puma	Puma concolor	Caza, uso de suelos sin planificación y deterioro del ecosistema.
	Tigrillo	Leopardus tigrinus	
	Zaino	Tojassu tapacu	

Elaborado por: Autores Fuente: (Equipo Técnico Consul&Project S.A., 2019)

Por otra parte, los factores abióticos son los factores inertes que están presentes en el medio ambiente, y a su vez sin un enfoque ecosistémico podrían ocasionar daños a los hábitats naturales. A continuación, se describe los factores abióticos de la parroquia Manglaralto y se presenta una tabla de los factores más relevantes para el proyecto investigativo.

**Turismo:** Es la mayor actividad a la cual se dedica la población, es importante porque es la principal fuente generadora de ingresos; pero se debe recordar que esta actividad no cuenta con un plan de organización para el manejo integral de los recursos por parte de los visitantes y habitantes. Los ecosistemas utilizados por los turistas pueden someterse a situaciones de estrés y sufrir alteraciones irreversibles.

**Servicio de agua potable:** Es un factor esencial para la vida de los pobladores, pero actualmente presentan un déficit hídrico, y esto se debe al aumento del consumo de agua potable. El señor Blas Tómalá, indicó que desde el 2016 Manglaralto ha venido sufriendo una sequía lo que ha llevado al agotamiento de su acuífero, y a la salinización de sus pozos inclusive a una distancia de 2km, que es donde tienen el pozo 4 y se encuentra con una alta salinidad.

**Temperatura:** Factor climático que tiene la parroquia por su ubicación en la costa del pacífico tiene una condición de temperatura tropical en un rango entre 22 °C y 26 °C. Donde la alta temperatura es evidente entre los meses de enero a marzo y las temperaturas más bajas se dan de agosto a diciembre.

**Salinidad:** Se la definió como la cantidad de sales minerales disueltas en una masa de agua, este factor es fundamental por la intrusión salina de agua de mar hacia el subsuelo, donde se ha mezclado con el agua dulce producto del déficit hídrico en su acuífero.

**Suelo:** Dentro del presente proyecto investigativo se encontró en las cercanías al Río Manglaralto un suelo permeable que permite la recarga del acuífero producto de los depósitos fluviales. A este tipo de suelo de lo denomina Fluventic y se encuentra dentro de la clasificación de los suelos Entisoles. Consecuentemente, los habitantes desarrollan actividades como la agricultura y ganadería por lo que es importante mencionar que dentro de su estratificación se tiene una composición de arenas, limos y arcillas.

**Tabla 3.7. Factores Abióticos**

Factores Abiótico	Manglaralto
Agua	Se realizan perforaciones entre profundidades de 15m a 30m para bombear agua hacia los hogares de los habitantes.

Temperatura	La temperatura esta entre 24 C en época invernal (febrero) y 19.8°C en agosto y septiembre época de verano
Salinidad	Salinidad tomada in Situ con una muestra de 1.38 partes por mil (ppt). En la actualidad los pozos perforados se encuentran salinizados desde el pozo 1 hasta el pozo 4
Índice UV	Índice más alto (UV 6) meses Enero – Mayo y junio-Julio-septiembre-octubre-noviembre y diciembre Y (UV 5) más Bajo Agosto.
Suelo	Dentro de la parroquia Manglaralto se tiene suelos del orden: Entisol, Inceptisol y Alfisol

Elaborado por: Autores Fuente: Plan de Ordenamiento Territorial de Manglaralto 2019-2023

### 3.2.1.5. Servicios Ecosistémico Manglaralto

Los servicios Ecosistémicos que posee Manglaralto se pudieron identificar a partir de las actividades que realizan los pobladores como la agricultura donde comúnmente se siembra y se cosecha café, caña de azúcar, y entre otros. Este tipo de servicio se lo conoce como aprovisionamiento, ya que son los recursos otorgados por los ecosistemas naturales.

Dentro de los servicios culturales que ofrece el ecosistema de Manglaralto se pudo evidenciar la presencia de iglesias, paisajes naturales de bosque, playa, áreas de diversión como cancha de fútbol, bares y restaurantes. Los servicios de regulación y soporte en la Parroquia de Manglaralto se identificaron por el manglar característico de la zona que es una fuente de captación de carbono, disipador del oleaje, acumulación de agua, mitiga el impacto de las fuertes precipitaciones y además es un soporte para la vida y reproducción de otras especies. (Equipo Técnico Consul&Project S.A., 2019)

**Tabla 3.8. Tipos de Servicios Ecosistémicos**

Tipos de servicios Ecosistémico	Manglaralto
APROVISIONAMIENTO	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Agricultura: café, caña de azúcar, naranjilla, pina,</li> <li>• Construcción de vivienda: paja toquilla, madera guayacán y tagua.</li> <li>• Servicio de agua potable, el ecosistema provee de agua dulce a la población mediante el acuífero natural. <ul style="list-style-type: none"> <li>• El manglar permite la protección de recursos genéticos</li> </ul> </li> <li>• Servicio de provisión y mantenimiento de la calidad gaseosa por parte del bosque húmedo, destinado a la biodiversidad</li> </ul>

REGULACIÓN	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Agua de los pozos: agua es sometida a un proceso de cloración para el consumo humano.</li> <li>• Eliminación de basura por proceso: recolección, almacenamiento en el terreno baldío, quema y finalmente se entierran los desechos orgánicos e inorgánicos.</li> <li>• Las aves que habitan dentro del ecosistema ayudan a la polinización, traslado del polen en sus picos.</li> <li>• El manglar ofrece refugio de estadios juveniles de la fauna silvestre destinado a la regulación de emisiones gaseosas y regulación del clima             <ul style="list-style-type: none"> <li>• Servicio de regulación del ecosistema</li> </ul> </li> </ul>
CULTURALES	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Diversión/Ocio: juegos de kayak en el estero, Surf, cancha de fútbol, pesca recreativa y entre otros             <ul style="list-style-type: none"> <li>• Educación institucional                 <ul style="list-style-type: none"> <li>• Mingas</li> </ul> </li> <li>• Iglesia de la parroquia</li> <li>• Paisaje de bosque que proporciona el manglar</li> </ul> </li> <li>• El ecosistema marino-costero es refugio de vida silvestre, se fomenta el turismo.             <ul style="list-style-type: none"> <li>• Belleza escénica</li> <li>• Belleza ambiental</li> <li>• Actividades recreativas                 <ul style="list-style-type: none"> <li>• Ecoturismo</li> <li>• Biodiversidad</li> </ul> </li> </ul> </li> </ul>
SOPORTE	<ul style="list-style-type: none"> <li>• El manglar es un ambiente apto para la reproducción de otras especies.</li> <li>• Ciclo del agua, regula el déficit hídrico que tiene la parroquia por el aumento poblacional y de turistas</li> <li>• Formación de suelo, mediante los desechos sólidos de ciertos animales se produce una sedimentación del carbono lo que favorece a la creación de suelos.             <ul style="list-style-type: none"> <li>• Captación hídrica del manglar, protege de las inundaciones</li> </ul> </li> <li>• Servicio de soporte ecológico por parte de manglar destinado al ciclo de nutrientes y control biológico</li> <li>• El bosque húmedo ofrece servicio de soporte ambiental, destinado a biodiversidad, protección forestal y recursos genéticos             <ul style="list-style-type: none"> <li>• Conservación de los suelos fértiles</li> <li>• Retención de suelos, se evita tormentas de tierra</li> </ul> </li> </ul>

Elaborado por: Autores - Fuente: Plan Ordenamiento Territorial de Manglaralto (PDOT), 2019-2023

En resumen, una vez culminado el estudio de la línea base ambiental, se identificó los factores de decisión ambiental y técnicos de relevancia dentro del proyecto investigativo, los cuales son detallados a continuación:

**Tabla 3.9. Factores de decisión en el ámbito ambiental**

<b>Factores de decisión</b>	<b>Ámbito Ambiental</b>
	Factores Bióticos
	Servicios Ecosistémicos
	Niveles de Precipitaciones
	Salinidad en el Acuífero
	Temperatura

Elaborado por: Autores

En la tabla 19, se muestran los factores de decisión que permitieron elegir la alternativa SbN más adaptable al área de estudio, los problemas más persistentes fueron los niveles de precipitación y la salinidad en el acuífero. Cada uno produjo efectos negativos en la población como inundaciones y déficit en el consumo de agua por contaminación de pozos. Adicionalmente, se estableció que los ecosistemas naturales son fuente de bienes y servicios fundamentales para la vida silvestre, fauna, flora y el desarrollo de las comunidades.

**Tabla 3.10. Factores de decisión en el ámbito técnico**

<b>Factores de decisión</b>	<b>Ámbito Técnico</b>
	Accesibilidad a la zona del proyecto
	Nivel freático
	Área requerida
	Estado del dique
	Estado de los pozos
	Tipo de suelo

Elaborado por: Autores

En la tabla 20, se seleccionó factores como la accesibilidad en el área de implementación, ya que de ello depende los costos de la obra y facilidad en la construcción, identificar el nivel freático fue relevante, dado a que en la obra se produce una infiltración que podría producir el ascenso del nivel freático ocasionando inundación por agua subterránea, pero se determinó que según el aprovechamiento de agua que se tiene en la zona y el nivel freático encontrado a 7 metros es poco probable una inundación por agua subterránea.

### **3.2.2. Estudio Socioeconómico de la situación actual de Manglaralto**

La parroquia Manglaralto perteneciente al cantón y provincia de Santa Elena contaba con una población de 29.512 habitantes de acuerdo al Censo 2010. (Instituto Nacional de Estadística y Censo [INEC], 2010) Para el año 2020, la tasa de crecimiento poblacional fue de 31.05%, lo que produjo un incremento a 38.677 habitantes. La parroquia en mención tiene como cabecera parroquial a la también llamada, Manglaralto, la cual cuenta con un aproximado del 15% de la población de la parroquia. Si bien es cierto no se cuenta con información actualizada de la cabecera parroquial, pero se puede llegar una aproximación de la situación socioeconómica actual de la cabecera con datos que aborden las principales características habitacionales de la parroquia de acuerdo al Censo de Población y Vivienda 2010. En el ámbito de viviendas, aproximadamente el

75% de los asentamientos fueron propios, más del 90% de los hogares dentro de la zona contaba con el servicio de agua potable recibido de los pozos y la red pública; de acuerdo a la cobertura de energía eléctrica el 81,06% dispuso de este servicio. En el ámbito educativo, se demostró que el nivel de escolaridad predominante alcanzado por los habitantes fue el nivel básico con 75%, pero existe un 16% de los ciudadanos que han llegado a completar el bachillerato. (Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial, 2014)

Con respecto a las actividades económicas, se pudo reconocer que el 9,25% de las patentes municipales son otorgadas para la cabecera parroquial; esto quiere decir que gran parte de la población tiene como ocupaciones principales las de: Oficiales, operarios y artesanos, con una fuente de ingreso proveniente de actividades como: el comercio, la agricultura, ganadería y la artesanía. Las actividades anteriormente señaladas se sustentan en gran parte gracias a los ecosistemas naturales que se encontraron en la cabecera parroquial y al ser manejados con una mano de obra que posee un gran desconocimiento de políticas, reglamentos y normas, se incrementa el mal manejo de los recursos naturales.

En concordancia a lo anteriormente mencionado, se encuestó a la población de la cabecera parroquial y se pudo evidenciar que existe un alto grado de interés por los moradores del sector en intervenir en proyectos enfocados a potenciar no sólo actividades económicas como el turismo, sino también, a participar en programas para proteger el medio ambiente. Sin embargo, de acuerdo a la sección de transparencia del GAD-P de Manglaralto en el archivo Presupuestaria Diciembre 2020, se pudo verificar que solo el 3% de su presupuesto anual está destinado para estudios y diseños de proyectos (GAD-P Manglaralto, 2020). Está información es congruente con la crisis sanitaria que vive el país, debido a que la mayor parte del presupuesto parroquial fue destinado para la implementación de las medidas de bioseguridad asignadas para combatir la pandemia Covid-19. Ante la pandemia y su crisis económica arraigada, se incentiva a los GAD'S a la implementación de proyectos que tengan como objetivo el fortalecimiento del ámbito productivo, económico, social y ambiental.

De lo antes dicho se desprende que el territorio en estudio es un lugar vulnerable ante impactos socioeconómicos, debido a que la mayor parte de la población de la cabecera parroquial presentó un alto índice de pobreza, déficit en unidades educativas,



insuficientes centros de información, predominio del sector informal, limitantes en sector financiero para potenciar las actividades económicas, alta disociación en el territorio en cuanto ideologías políticas acompañado de la desactualización de estatutos económicos, culturales y sociales, por lo que desencadenó una limitante para el desarrollo económico y social de la población de Manglaralto. Una vez realizado el estudio socioeconómico de la situación actual de Manglaralto, se obtiene los principales factores de decisión detallados a continuación:

**Tabla 3.11. Factores de Decisión en el ámbito de Económico**

<b>Ámbito Económico</b>	
<b>Factores de decisión</b>	Mano de obra para la construcción
	Servicios básicos disponibles
	Precio del terreno
	Propietario del terreno
	Financiamiento

Elaborado por: Autores

**Tabla 3.12. Factores de Decisión en el ámbito de Social**

<b>Ámbito Social</b>	
<b>Factores de decisión</b>	Nivel de Instrucción
	Número de viviendas (radio de 500 m.)
	Aceptación social al proyecto
	Apoyo político

Elaborado por: Autores

### **3.2.3. Planteamiento y análisis de las Alternativas de Soluciones Basadas en la Naturaleza**

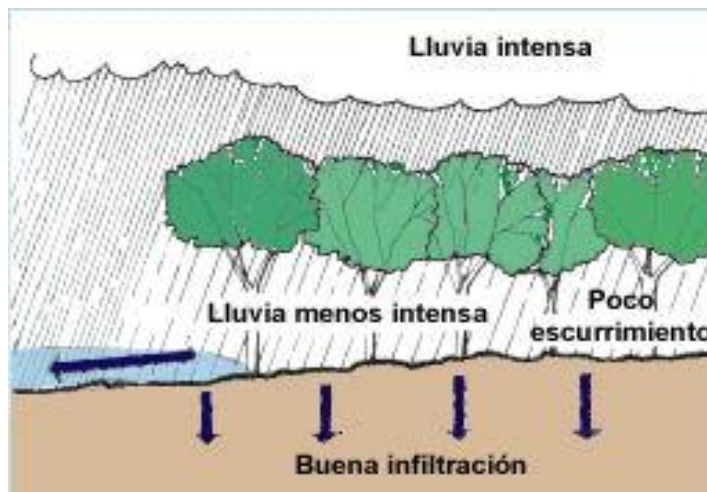
**Reforestación del manglar en la ribera del río:** Se proyectó implementar esta SbN, debido a las frecuentes inundaciones presentadas por la excedencia de agua en la zona de los diques/tapes construidos por los habitantes. La reforestación de la ribera del río Manglaralto reduce los daños ocasionados por el incremento del cauce del río, y a su vez permite el almacenamiento de agua por un largo periodo de tiempo. Además, ayuda a aumentar la biodiversidad del hábitat, y actúa como un nicho ecológico permitiendo la concentración y el refugio de vida silvestre característica de la zona. (Municipal de Juzbado. Salamanca, 2013)

Anteriormente, se mencionó que el suelo predominante en la cuenca del Río Manglaralto es arenoso, lo cual beneficia al crecimiento de especies como: la caña guadua y cedro. Estas dos especies ya han sido consideradas en proyectos anteriores realizados por instituciones educativas en la zona de estudio y se prevé que el Municipio de Santa Elena financie el costo de los árboles y que el GAD-P mediante la socialización del proyecto utilice a los habitantes como mano de obra para la reducción de costos. (Tomala, 2021)

**Laguna de infiltración:** En este proyecto investigativo para plantear esta solución es importante entender la relación natural que tiene con el ecosistema, como uno de sus nombres lo indica “infiltración”; es decir, el agua se encuentra bajo la superficie terrestre, entre las zonas porosas y fisuras de rocas. Este tipo de reservorio es fundamental, porque el agua subterránea puede permanecer oculta durante millones de años. Sin embargo, los yacimientos con frecuencia suelen encontrarse a pocas profundidades y representa veinte veces más el total de las aguas superficiales del mundo, es por esta razón que es importante mantener esta fuente como una reserva de agua dulce. (Ambientum, 2016)

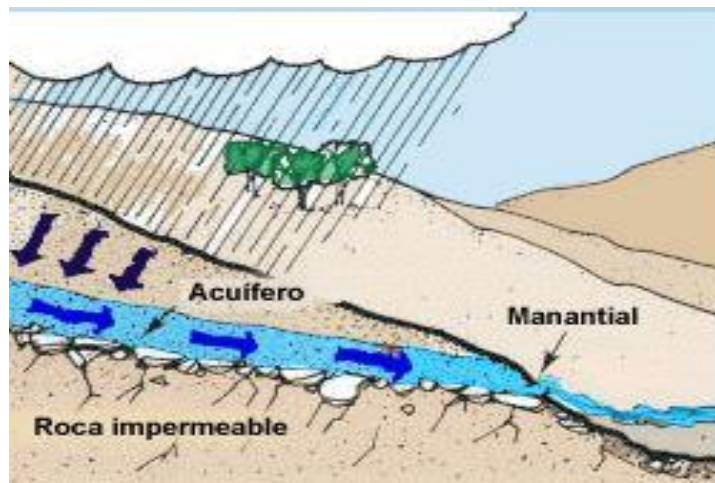
La importancia de obtener una reserva de agua dulce radica en la lluvia, misma que varía de acuerdo a la geografía y clima de la zona. En las regiones ecuatoriales, la precipitación se distribuye de manera uniforme, presentándose la mayor cantidad de precipitaciones en los meses de enero, febrero, marzo, abril y mayo. Estos son los meses que se pueden aprovechar las lluvias para infiltrar el recurso hídrico hasta la capa más profunda del suelo.

Las zonas de bosques, debido a su gran densidad de vegetación son fuentes naturales de lagunas de infiltración. Esto ocurre porque las ramas y las hojas de los árboles minimizan la velocidad de caída del agua, lo que permite que existe un menor escurrimiento y por lo tanto se incrementa la infiltración. En la siguiente ilustración se puede observar una zona natural de infiltración, y a su vez que actúan como mitigadores de inundaciones frente a fenómenos climáticos.



**Ilustración 3.14. Zona de bosque-Sistema natural de infiltración.**  
 Fuente: /Red del Agua UNAM, 2018)

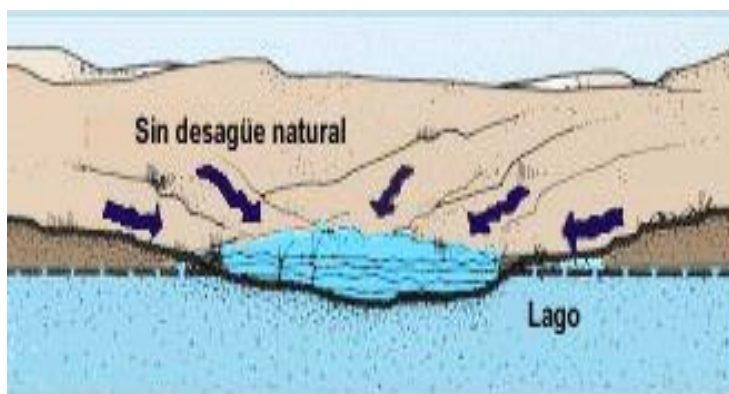
Los manantiales y los pozos son una fuente natural de agua infiltrada, cuando se tienen fuertes precipitaciones y la capa de suelo es permeable como arena o grava, el agua se infiltra de manera natural, pero si esta llega hasta una capa de suelo no permeable como la roca, se mantendrá a poca profundidad el agua infiltrada y es a este tipo de agua subsuperficial se denomina acuífero. Si el recurso hídrico sigue fluyendo hasta llegar a la superficie, se lo denomina manantial, el periodo de tiempo hasta que el agua emerja es variante por la topografía del terreno. Pero todos estos procesos de infiltración ocurren de manera natural en los ecosistemas.



**Ilustración 3.15. Formación de acuífero y manantial.**  
 Fuente: /Red del Agua UNAM, 2018)

Los pantanos y los lagos son ecosistemas naturales y una fuente de agua de escurrimiento, toda el agua que cae en su superficie, al tener un escaso escurrimiento y una pendiente

nula suele permanecer en estado lentic, y con el tiempo esta agua puede infiltrarse dado el suelo arcilloso y limoso que predominan en estos ecosistemas. Es importante mencionar que los niveles de agua de un pantano o lago pueden incrementarse rápidamente al igual que la escorrentía después de una tormenta. (Universidad Autónoma de Madrid, 2018)



**Ilustración 3.16. Formación de Pantano y Lago.**

Fuente: /Red del Agua UNAM, 2018)

Una vez analizado las lagunas de infiltración naturales que existen en los ecosistemas, se propuso en este proyecto investigativo realizar esta obra moldeando los recursos que provee el ecosistema mediante los métodos ingenieriles, pero con un enfoque ecosistémico. Esta obra se pudo diseñar con los propios recursos que posee la zona de estudio, un suelo con una capa permeable como arena y limo, donde se planteó realizar una excavación cercana a su primer dique de hormigón para mitigar las inundaciones que ocurren en el barrio “La Esperanza” durante las fuertes precipitaciones producto del fenómeno “El Niño”. Además, que este tipo de soluciones permite la infiltración natural hasta el estrato de roca que presenta el suelo, lo que desencadenó en el incremento el reservorio de agua dulce de su acuífero natural y por consiguiente mitigará la escasez del recurso hídrico en la población.

#### **3.2.4. Selección de la Soluciones Basada en la Naturaleza**

Dentro de esta sección se elaboraron todas las matrices con los factores de cada ámbito y se otorgó un nivel de jerarquización en cada factor de decisión de acuerdo a la abundancia, estado, niveles de medidas, entre otras. Todo este proceso sirvió para seleccionar la alternativa con mayor orden de puntaje.

### 3.2.4.1. Matriz de Calificación de Ámbitos

En la tabla 23, se muestra el resultado de la calificación entre pares con cada uno de los ámbitos. Como se observa en la tabla el ámbito que obtuvo mayor puntuación es el ámbito ambiental, dado al enfoque ecosistémico del proyecto de investigación y la calificación que ocupó el segundo lugar es el ámbito social, puesto que en la visita de campo se evidenció el apoyo de la comunidad hacia una alternativa amigable con el ambiente. Los otros ámbitos obtuvieron menor calificación. Sin embargo, son relevantes dentro de la propuesta metodológica.

**Tabla 3.13. Calificación de ámbitos**

	AMBIENTAL	SOCIAL	TÉCNICO	ECONÓMICO	TOTAL	PUNTAJE
AMBIENTAL	1	1	1	1	4	40
SOCIAL	0	1	1	1	3	30
TÉCNICO	0	0	1	1	2	20
ECONÓMICO	0	0	0	1	1	10
						100

Elaborado por: Autores

### 3.2.4.2. Matriz de Calificación de factores por cada ámbito

En la tabla 24, se muestra que el factor de decisión que obtuvo el mayor puntaje son los servicios ecosistémicos, y esto tiene una gran concordancia con todo lo analizado en el proyecto de investigación, pues sin los ecosistemas naturales que brindan soporte, regulación, aprovisionamiento y servicios culturales no podría ser posible el desarrollo de la vida silvestre. La tabla 25, permitió observar un empate obtenido entre los factores de decisión, esto indica que esos factores guardan una estrecha relación entre cada uno. Por ejemplo, el apoyo social que se obtuvo en la visita de campo al socializar el proyecto en la zona de estudio se encuentra relacionado con el número de habitantes que se van a beneficiar.

De manera consecuente en la tabla 26, se observa el factor de decisión que obtuvo mayor puntaje de acuerdo a la consulta con especialista es el estado del dique, si el dique tiende a la falla por fisuras en su estructura, toda el agua retenida provocaría el desbordamiento del río y la obra propuesta en el proyecto de investigación presentaría una saturación de agua.

Para el ámbito económico, se obtuvo la información presentada en la tabla 27, donde se puede evidenciar que el factor de mayor puntuación fue “Propietario del Terreno”, en la visita de campo el técnico de JAAPMAN indicó que si el diseño de la obra se realiza en un área privada sería muy difícil conseguir la autorización para la compra del terreno, puesto que el Municipio de Santa Elena regula aquello mediante el pago del impuesto predial.

**Tabla 3.14. Calificación del factor ambiental**

<b>ÁMBITO AMBIENTAL</b>	<b>40</b>							
<b>FACTORES DE DECISIÓN</b>	Factores Bióticos	Servicios Ecosistémicos	Niveles de Precipitaciones	Salinidad en el Acuífero	Temperatura	<b>TOTAL</b>	<b>PUNTAJE</b>	
Factores Bióticos	1	0	1	1	1	<b>4</b>	<b>10,67</b>	
Servicios Ecosistémicos	1	1	1	1	1	<b>5</b>	<b>13,33</b>	
Niveles de Precipitaciones	0	0	1	1	0	<b>2</b>	<b>5,33</b>	
Salinidad en el Acuífero	0	0	0	1	1	<b>2</b>	<b>5,33</b>	
Temperatura	0	0	1	0	1	<b>2</b>	<b>5,33</b>	
						<b>15</b>	<b>40,00</b>	

Elaborado por: Autores

**Tabla 3.15. Calificación del factor social**

<b>ÁMBITO SOCIAL</b>	<b>30</b>					
<b>FACTORES DE DECISIÓN</b>	Nivel de Instrucción	Número de viviendas (radio de 500 m.)	Aceptación social al proyecto	Apoyo político	<b>TOTAL</b>	<b>PUNTAJE</b>
Nivel de Instrucción	1	0	1	0	<b>2</b>	<b>6,00</b>
Número de viviendas (radio de 500 m.)	1	1	0	1	<b>3</b>	<b>9,00</b>
Aceptación social al proyecto	0	1	1	1	<b>3</b>	<b>9,00</b>
Apoyo político	1	0	0	1	<b>2</b>	<b>6,00</b>
					<b>10</b>	<b>30,00</b>

Elaborado por: Autores

**Tabla 3.16. Calificación del ámbito técnico.**

<b>ÁMBITO TÉCNICO</b>	<b>20</b>							
<b>FACTORES DE DECISIÓN</b>	Accesibilidad a la zona del proyecto	Nivel freático	Área requerida	Estado del dique	Estado de los pozos	Tipo de suelo	<b>TOTAL</b>	<b>PUNTAJE</b>
Accesibilidad a la zona del proyecto	1	1	1	0	1	0	<b>4</b>	<b>3,81</b>
Nivel freático	0	1	1	0	1	1	<b>4</b>	<b>3,81</b>
Área requerida	0	0	1	0	0	0	<b>1</b>	<b>0,95</b>
Estado del dique	1	1	1	1	1	1	<b>6</b>	<b>5,71</b>
Estado de los pozos	0	0	1	0	1	0	<b>2</b>	<b>1,90</b>
Tipo de suelo	1	0	1	0	1	1	<b>4</b>	<b>3,81</b>
							<b>21</b>	<b>20,00</b>

Elaborado por: Autores

**Tabla 3.17. Calificación del ámbito económico.**

<b>ÁMBITO ECONÓMICO</b>	<b>10</b>						
<b>FACTORES DE DECISIÓN</b>	Mano de obra para la construcción	Servicios básicos disponibles	Precio del terreno	Propietario del terreno	Financiamiento	<b>TOTAL</b>	<b>PUNTAJE</b>
Mano de obra para la construcción	1	1	0	0	0	<b>2</b>	<b>1,33</b>
Servicios básicos disponibles	0	1	0	0	0	<b>1</b>	<b>0,67</b>
Precio del terreno	1	1	1	0	0	<b>3</b>	<b>2,00</b>
Propietario del terreno	1	1	1	1	0	<b>4</b>	<b>2,67</b>
Financiamiento	1	1	1	1	1	<b>5</b>	<b>3,33</b>
						<b>15</b>	<b>10,00</b>

Elaborado por: Autores



### 3.2.4.3. Matriz de calificación de Alternativas

**Tabla 3.18. Calificación de alternativas de acuerdo al nivel de jerarquización**

Calificación de alterativas					
DESCRIPCIÓN	1	2	3	Alt 1	Alt 2
<b>ÁMBITO AMBIENTAL</b>					
Factores Bióticos	Abundante	Media	Baja	1	3
Servicios Ecosistémicos	Abundante	Media	Baja	2	3
Niveles de Precipitaciones	Mayor 161mm	Entre 66mm-161mm	Menor 66mm	2	2
Salinidad en el Acuífero	Alto	Medio	Baja	1	3
Temperatura	Menor a 20°	Entre 20° - 24°	Mayor a 24°	2	2
<b>ÁMBITO TÉCNICO</b>					
Accesibilidad a la zona del proyecto	Restringida	Parcial	Facil acceso	2	3
Nivel freático	Superficial (menor de 1 m.)	Entre 1m. - 7 m.	Mayor a 7 m.	3	3
Área requerida	Mayor a 1 Ha.	Entre 0.5 Ha. - 1 Ha.	Menos de 0.5 Ha.	1	3
Estado del dique	Mal estado	En condiciones aceptables	Bueno	3	3
Estado de los pozos	Paralizado	Funcionamiento Parcial	Funcionamiento	3	3
Tipo de suelo	Arcilla de baja permeabilidad	Arcillas permeables	Arenoso	2	3
<b>ÁMBITO ECONÓMICO</b>					
Mano de obra para la construcción	Contratista	Contratista con mano de obra del sector	Contruido solo por los habitantes del sector	3	2
Servicios básicos disponibles	Sin servicios básicos	Al menos energía eléctrica	Energía eléctrica, agua potable y AASS	2	2
Precio del terreno	Más de USD \$ 1/m <sup>2</sup>	Entre USD \$0,50/m <sup>2</sup> y USD \$ 1/m <sup>2</sup>	Menos de USD \$ 0,50 ctvos/m <sup>2</sup>	1	3
Propietario del terreno	Privado	GAD Municipal	GAD Parroquial	1	3
Financiamiento	Sin financiamiento	Parcial	Público	3	3
<b>ÁMBITO SOCIAL</b>					
Nivel de Instrucción	Primaria	Secundaria	Universitaria o más	2	2
Número de viviendas (radio de 500 m.)	Menos de 10	Entre 10 y 20	Más de 20	3	3
Aceptación social al proyecto	Nula	Media	Alta	3	3
Apoyo político	Nula	Media	Alta	3	3
<b>TOTAL</b>				<b>43</b>	<b>55</b>

Elaborada por: Autores

En la tabla 28, se muestra la calificación que otorgaron los expertos ambientales, ingenieros civiles, entre otros a los niveles de jerarquización de cada factor de decisión. La alternativa 1 (Regeneración de la vegetación de la ribera del río) obtuvo una menor puntuación con respecto a la alternativa 2 (Laguna de infiltración), pero esto no indica que la alternativa 1 no se pueda realizar. Solo demuestra que la alternativa 2 se adapta mejor a la zona de estudio, los parámetros técnicos facilitan su dimensionamiento y prediseño, además contó con un mayor apoyo social, puesto que mitiga dos problemas presentes en la actualidad: el déficit hídrico y las inundaciones durante las fuertes precipitaciones producto de un fenómeno como “El Niño”.

#### **3.2.4.4. Matriz de Puntuación Ponderación o Priorización de alternativas**

En la metodología se detalló el proceso que sigue para obtener la matriz de priorización, en la matriz que se muestra, se puede evidenciar que el mayor puntaje ponderado obtenido fue para la alternativa 2 con un total de 281.33, lo que permitió continuar con el predimensionamiento de dicha solución y posteriormente, la elaboración de un prediseño de la obra.

Tabla 3.19. Matriz de Priorización de alternativas

**MATRIZ DE PRIORIZACIÓN DE ALTERNATIVAS**

No.	ALTERNATIVA	UBICACIÓN	FACTORES	AMBIENTAL						TÉCNICO						ECONÓMICO					SOCIAL					TOTAL PUNTAJE PONDERADO DE FACTORES			
				Factores Bióticos	Servicios Ecosistémicos	Niveles de Precipitaciones	Salinidad en el Acuífero	Temperatura	SUBTOTAL	Accesibilidad a la zona del proyecto	Nivel freático	Área requerida	Estado del dique	Estado de los pozos	Tipo de suelo	SUBTOTAL	Mano de obra para la construcción	Servicios básicos disponibles	Precio del terreno	Propietario del terreno	Financiamiento	SUBTOTAL	Nivel de Instrucción	Número de viviendas (radio de proyecto)	Aceptación social al proyecto	Apoyo político	SUBTOTAL	TOTAL PUNTAJE PONDERADO DE FACTORES	Orden de Puntaje
1	Reforestación de la Rivera	Cabecera Parroquial Manglaralto	Calificación	1,00	2,00	2,00	1,00	2,00		2,00	3,00	1,00	3,00	3,00	2,00		3,00	2,00	1,00	1,00	3,00		2,00	3,00	3,00	3,00			
			Puntaje Pond.	10,67	26,67	10,67	5,33	10,67	64,00	7,62	11,43	0,95	17,14	5,71	7,62	50,48	4,00	1,33	2,00	2,67	10,00	20,00	12,00	27,00	27,00	18,00	84,00	218,48	2
2	Laguna de Infiltración	Cabecera Parroquial Manglaralto	Calificación	3,00	3,00	2,00	3,00	2,00		3,00	3,00	3,00	3,00	3,00		2,00	2,00	3,00	3,00	3,00		2,00	3,00	3,00	3,00				
			Puntaje Pond.	32,00	40,00	10,67	16,00	10,67	109,33	11,43	11,43	2,86	17,14	5,71	11,43	60,00	2,67	1,33	6,00	8,00	10,00	28,00	12,00	27,00	27,00	18,00	84,00	281,33	1

Resumen	Puntaje	Orden
Alternativa 1	218,48	2
Alternativa 2	281,33	1

Elaborado por: Autores

### 3.3. Fase III: Desarrollo del Modelo Conceptual de Alternativa Seleccionada

#### 3.3.1. Determinación de la Ubicación

La cabecera parroquial de Manglaralto se encuentra integrada por 17 comunas entre las más cercanas se tiene a la comuna Olón, Entrada, Libertador Bolívar y Montañita. Se ubica al filo costero del pacífico y es una parroquia que pertenece al Cantón Santa Elena. Antes de realizar las visitas de reconocimiento de campo se tenía seleccionado toda la cabecera parroquial para la implementación de la solución, como se observa en la siguiente gráfica, donde el prediseño se planeaba realizar en el meandro del río Manglaralto; pero de acuerdo con las entrevistas realizadas en ese sector no existe inundaciones y el agua fluye directo a la desembocadura con el océano. Por lo tanto, el aprovechamiento de la obra sería ineficiente.



**Ilustración 3.17. Visita superior del Río Manglaralto**  
Elaborado por: Autores

En visitas realizadas posteriormente y conjunto con las entrevistas realizadas a la Junta Administradora del Agua de Manglaralto (JAAPMAN), se ha podido determinar una localización correcta para realizar el prediseño de la laguna de infiltración, este terreno cumplió con los parámetros establecidos en la calificación de las alternativas, dado que el terreno le pertenece a la junta del agua, es de fácil acceso, requiere pocas adecuaciones y se encuentra en una zona estratégica que permitirá brindar beneficios a un sector considerable de la población. A continuación, se presenta la ilustración 27 donde se determina la zona de implementación de la obra.

## Localización de laguna de infiltración.

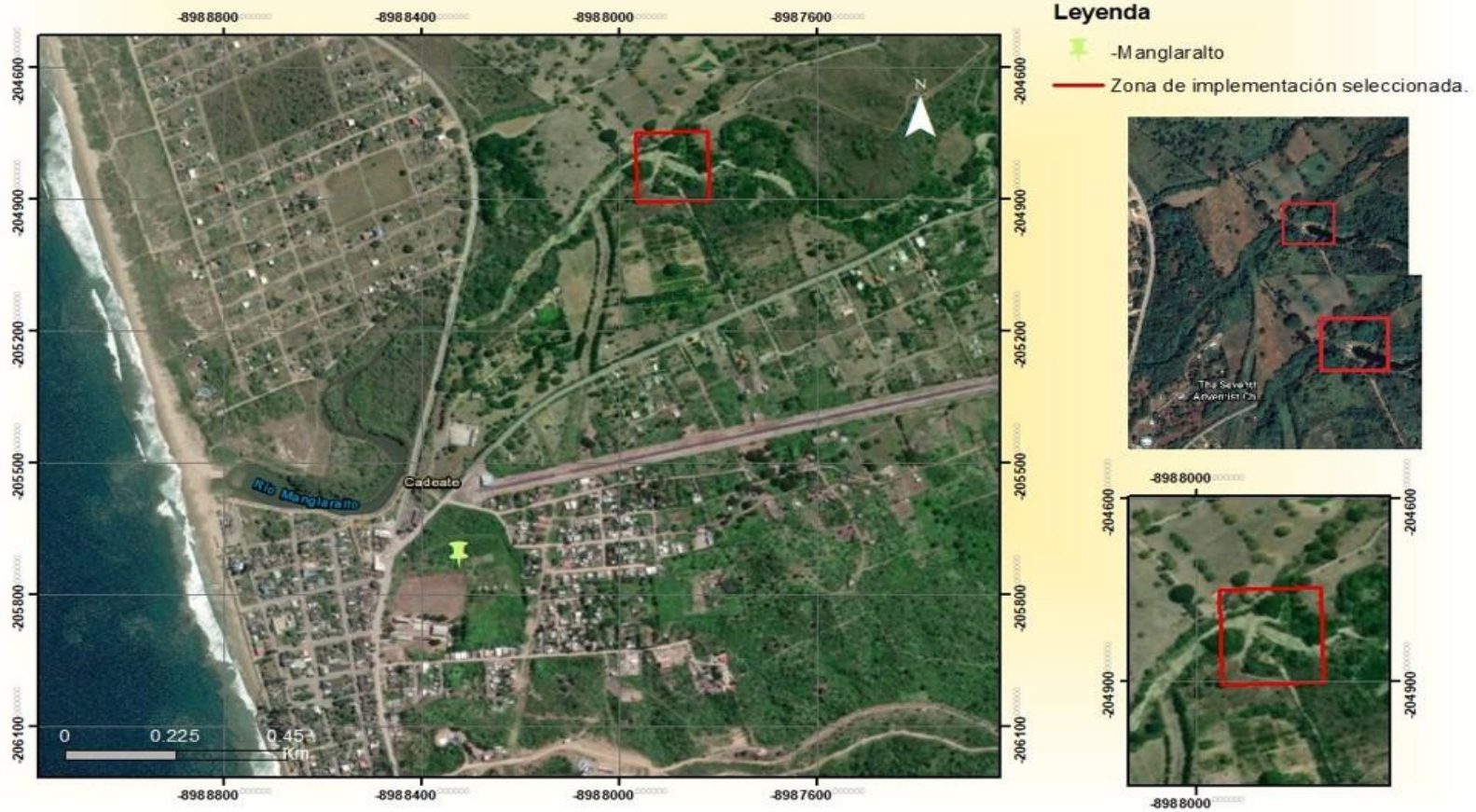


Ilustración 3.18. Localización de la Laguna de Infiltración

Elaborado por: Autores

### 3.3.2. Determinación de parámetros del diseño conceptual

Se procedió a utilizar los datos de la tabla 6 y 7. Posteriormente se utilizó la ecuación 3 con la que se obtuvo el promedio del ancho del río, luego se utilizaron las ecuaciones 4 y 5 respectivamente donde se obtuvo el valor del área mojada y el radio hidráulico de una sección transversal del río Manglaralto. Finalmente se utilizó la ecuación 6 para obtener el caudal de diseño, el cuál es fundamental para dimensionar el área que debe tener la laguna de infiltración.

#### Promedio del ancho del río

$$prom = \frac{25.93 + 22 + 21.3 + 19.54 + 18.75}{5}$$
$$prom = 21.50 \text{ m}$$

#### Área Mojada

$$A = (21.5 + (0.1)(4)) * (4)$$
$$A = 87.80 \text{ m}^2$$

#### Radio Hidráulico

$$Rh = \frac{(20.46 + (0.1)(4)) * (4)}{20.46 + (2(4) * (\sqrt{1 + (0.1)^2}))}$$
$$Rh = 2.97 \text{ m}$$

#### Caudal de diseño

$$Q = \frac{1}{0.030} (87.80 * 2.97^{\frac{2}{3}} * 0.01^{\frac{1}{2}})$$
$$Q = 604.33 \left(\frac{\text{m}^3}{\text{s}}\right)$$

El caudal que se obtuvo con las mediciones tomadas in situ se asemeja al caudal teórico que se obtuvo de Catuto (2019), pues el dique fue construido para retener la mayor cantidad de agua posible durante un evento climático como “El Niño” que genera fuertes precipitaciones, se tomaron en consideración dos eventos extremos: “El Niño 82-83” y

“El Niño 97” que produjeron aproximadamente 2823mm y 2007 mm de precipitación anual respectivamente. (Instituto Nacional Oceanográfico de la Armada [INOCAR], 1996)

### **Dimensionamiento del Aliviadero**

De acuerdo a lo indicado en la metodología, se muestra el resultado obtenido para el caudal excedente:

$$Q_{exc} = Q_{teórico} - Q_{experimental}$$

$$Q_{exc} = 605.2 - 604.33 = 0.87 \text{ m}^3/s$$

Se puede mal interpretar que dicho caudal excedente dirigido hacia la laguna de infiltración fue mínimo, pero al conocer el tiempo de concentración se pudo expresar el caudal en función del volumen, lo que representa un volumen de 3515.67m<sup>3</sup> que equivale a tener una piscina de 30m de largo, 20m de ancho y con una profundidad de 6m.

Se utilizaron las ecuaciones para el dimensionamiento de canales abiertos Chow (1994), donde se necesitó calcular el área mojada, radio hidráulico, se procedió a variar el ancho del aliviadero, ya que de acuerdo a las medidas tomadas in situ la altura total del fondo a la superficie de la corona del dique es de 4m y la altura total del agua que se va a descargar por el aliviadero a la laguna de infiltración se calculó de la siguiente manera:

$$H = Y + BL$$

Ecuación 3.1. Altura total de agua

$$H = 0.25m + (0.20(0.25)) = 0.30 \text{ m}$$

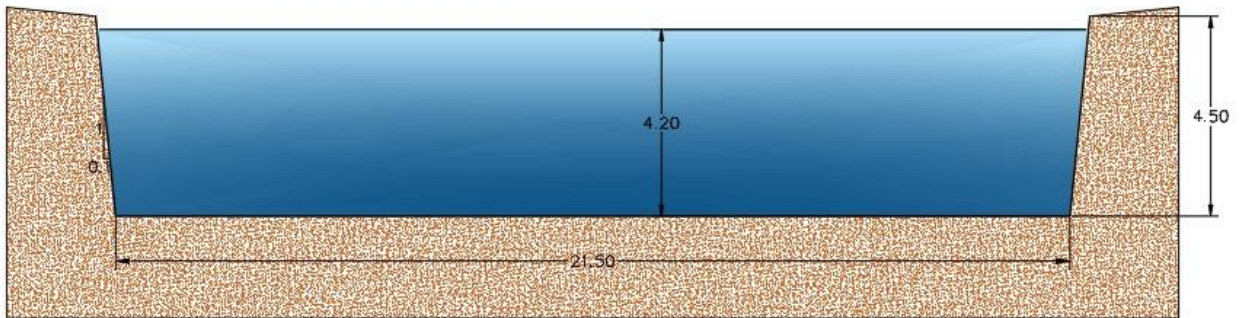
Donde:

Y= Altura de lámina de agua

BL= Borde Libre. De acuerdo a Chow (1994), se recomienda usar entre el 20% y 25% de la altura de la lámina de agua y esto en función a la pendiente que tenga el fondo del río, el tramo AB tiene una pendiente de 1%, por lo tanto, se recomienda usar el 20%.



## SECCIÓN TRANSVERSAL DEL RÍO



**Ilustración 3.19. Sección trapezoidal del río.**

Elaborado por: Autores.  
Fuente: AutoCAD

Como se puede observar en la ilustración 28, el agua que sobrepase los 4,20m de altura será descargada en dirección a la laguna de infiltración, es decir, si se presentan fuertes precipitaciones el aliviadero evitará el desbordamiento del río y el agua excedente con un caudal de  $0.87 \text{ m}^3/\text{s}$  se aprovechará como reservorio de agua dulce y para la infiltración de su acuífero. El método de prueba y error permitió conocer el ancho que debe tener el aliviadero, se utilizaron valores entre 1m y 2.5m hasta que se obtuvo un valor cercano al caudal excedente. A continuación, se muestran los resultados del caudal excedente con la variación del ancho:

### **Ancho = 1.5m**

**Tabla 3.20. Variación del ancho y resultados del caudal**

b(ancho) (m)	1,5
y(lámina de agua) (m)	0,25
Z (pendiente de los taludes del aliviadero) (m)	4
S (pendiente de fondo)	0,01
n (coeficiente de Manning)	0,03
H (Altura total del aliviadero)	0,3

A (área mojada)( $\text{m}^2$ )	0,625
Rh (radio hidráulico)(m)	0,18
Q1 ( $\text{m}^3/\text{s}$ )	0,65

Elaborado por: Autores

### **Ancho = 2m**

**Tabla 3.21. Variación del ancho y resultados del caudal**

b(ancho) (m)	2
y(lámina de agua) (m)	0,25
Z (pendiente de los taludes del aliviadero) (m)	4
S (pendiente de fondo)	0,01
n (coeficiente de Manning)	0,03
H (Altura total del aliviadero)	0,3

A (área mojada)(m <sup>2</sup> )	0,75
Rh (radio hidráulico)(m)	0,18
Q1 (m <sup>3</sup> /s)	0,81

Elaborado por: Autores

### **Ancho = 2.20m**

**Tabla 3.22. Variación del ancho y resultados del caudal.**

b(ancho) (m)	2,2
y(lámina de agua) (m)	0,25
Z (pendiente de los taludes del aliviadero) (m)	4
S (pendiente de fondo)	0,01
n (coeficiente de Manning)	0,03
H (Altura total del aliviadero)	0,3

A (área mojada)(m <sup>2</sup> )	0,8
Rh (radio hidráulico)(m)	0,19
Q1 (m <sup>3</sup> /s)	0,87

Elaborado por: Autores

Con los resultados obtenidos en las tablas 30, 31 y 32 respectivamente, se pudo evidenciar el valor exacto que debe tener el ancho, pendiente de los taludes y la altura total del aliviadero para poder recibir un caudal excedente de 0.87m<sup>3</sup>/s. Al construir una obra para evitar errores en el diseño, se entrega de preferencia valores exactos en el caso de que sea posible a los albañiles, técnicos y operarios. En este caso en la tabla 32 se obtuvo un ancho de 2.20m con un caudal de 0.87 m<sup>3</sup>/s, mismo que es igual al caudal excedente. De modo que se escogió ese ancho para el diseño del aliviadero. Se procedió a calcular la pérdida de agua que se produce por infiltración, lo cual permitió conocer el

caudal aproximado que llega a la estructura de diseño. A continuación, se muestra la tabla 33 con los datos tomados in situ y el cálculo del porcentaje de pérdida:

**Tabla 3.23. Porcentaje de pérdida con una distancia de 23m tomada in situ**

Longitud (m)	Porcentaje de Pérdida (%)
23	0,46%
1000	20%

Elaborado por: Autores Fuente: Chow (1994)

Finalmente, se obtuvo el caudal que se perdió por infiltración y se calculó el caudal neto que llega a la laguna de infiltración:

$$Q_{p\acute{e}rdida} = 0.87 \text{ m}^3/\text{s} * \frac{(23\text{m}) * (0,20)}{1000\text{m}}$$

$$Q_{p\acute{e}rdida} = 0.004002 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Q_{exc - neto} = 0.87 \frac{\text{m}^3}{\text{s}} - 0.004002\text{m}^3/\text{s}$$

$$Q_{exc - neto} = 0.86 \text{ m}^3/\text{s}$$

A continuación, se presenta el porcentaje de error al escoger dicha dimensión:

$$\%E = \frac{|0.86 - 0.87|}{0.87} * (100) = 1.14\%$$

Se obtuvo un porcentaje de error de 1.14%, dado a las pérdidas de agua que se tienen por infiltración hasta que esta llegue a la estructura diseñada, por lo que se determinó que la eficiencia de la laguna de infiltración fue de 98.86%, un porcentaje que demostró la efectividad que tiene implementar este tipo de soluciones para prevenir inundaciones y abastecer de agua dulce a la comunidad de Manglaralto.

### **Dimensiones de la laguna de infiltración**

Los datos utilizados para el cálculo del tiempo de concentración fueron los siguientes:

**Tabla 3.24. Datos tomados in situ**

Longitud tramo AB (m)	3928
S	0,01
K	0,0195

Elaborado por: Autores

$$tc = (0,0195) * (3928^{0.770}) * (0,01^{-0.385})$$

$$tc = 67,23 \text{ minutos}$$

Se procedió a utilizar el tiempo de concentración del estudio realizado por Catuto (2019), dado a que la medición del tramo AB fue realizado con un GPS y la medición que se realizó en este proyecto investigativo fue con rodillo métrico. Además, se pudo observar que el resultado utilizando el método de Kirpich fue ligeramente menor al valor de 67.35 minutos tomado del estudio.

$$Q_{neto} = 0.87 - 0.004002 = 0.86 \text{ m}^3/\text{s}$$

El caudal neto considerado producto de la pérdida por infiltración fue de  $0.86 \text{ m}^3/\text{s}$ , este caudal es el excedente que se produce en la zona de estudio cuando se presenta un evento extremo como “El Niño” donde las precipitaciones de mayor intensidad ocurrieron en el mes de febrero y alcanzaron aproximadamente 266mm. (Soledispa B. , 2000)

$$V_{diseño} = 0.86 \frac{\text{m}^3}{\text{s}} * 4041 \text{ s} = 3475.26 \text{ m}^3$$

El volumen calculado que recibió la laguna de infiltración es equivalente a tener una piscina de dimensiones semiolímpicas (30mx20x6), de tal manera que fue necesario establecer el área disponible en la zona de estudio para llevar a cabo el diseño de la obra.

$$A = \frac{3475.26}{2} = 1737.63 \text{ m}^2$$

Para calcular el área que se utilizó en el predimensionamiento de la laguna de infiltración se procedió a otorgar valores aleatorios a la profundidad que alcanza la lámina de agua, dado a que el área es la relación entre el volumen y la altura de agua presente en la laguna, en la ilustración 22, se determinó un área disponible para el diseño de  $4772 \text{ m}^2$

por lo que al obtener un área de 1737.63m<sup>2</sup> se demostró que existe disponibilidad de terreno para realizar la obra.

$$H = 2 + ((0.20) * (2)) = 2.40 \text{ m}$$

Fue necesario conocer la altura total que posee la laguna de infiltración, se determinó que la lámina de agua alcanzó los 2m de altura, pero se recomienda añadir un factor de seguridad, y dado a que la pendiente del fondo es de 0.01 se utilizó el 20% de la altura de la lámina de agua, obteniendo una altura total de 2.40m.

A continuación, se muestran las dimensiones que se calcularon a partir de las ecuaciones detalladas en la metodología:

**Tabla 3.25. Dimensiones de la laguna de infiltración**

Laguna de infiltración	
Longitud (m)	44,6
ancho (m)	35
profundidad (h)	2
Pendiente de los taludes (z)	2
perimetro mojado (m)	43,94
Área mojada (m <sup>2</sup> )	1959,91
Pérdida de infiltración en la zanja (m <sup>3</sup> /s)	5,66E-03

Elaborado por Autores

La tabla 35 muestra las dimensiones del largo, ancho, profundidad y pendiente que abarcaron el volumen soportado por la laguna de infiltración, las dimensiones fueron calibradas mediante el programa AutoCAD lo que permitió tener mayor exactitud en el dimensionamiento. A su vez se calculó el agua infiltrada, el valor de infiltración según la tabla de Chow (1994) fue de 0.25m<sup>3</sup>/día\*m<sup>2</sup> y para expresar el caudal que se infiltra se procedió a transformar esas unidades a m<sup>3</sup>/s\*m<sup>2</sup> donde se obtuvo un valor de 2.89x10<sup>-6</sup>m<sup>3</sup>/s\*m<sup>2</sup> y el valor obtenido se puede observar en la siguiente ecuación:

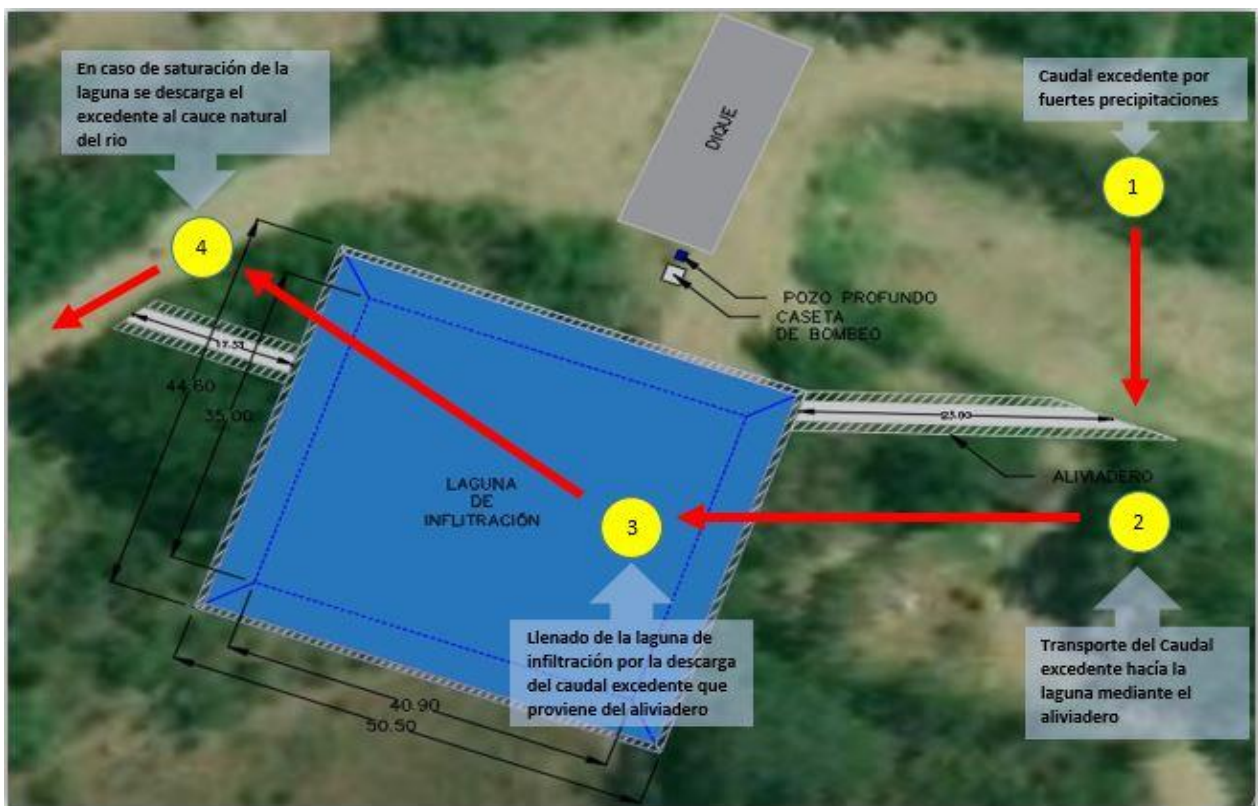
$$Q_{infiltración-laguna} = 1959.91m^2 * \frac{2.89x10^{-6}m}{s} = 5.66x10^{-3}m^3/s$$

Este valor de 5.66x10<sup>-3</sup>m<sup>3</sup>/s fue el referente para conocer el tiempo de recuperación del acuífero del río Manglaralto, cada segundo que permanece el agua de lluvia dentro de la laguna se infiltra 0.00566m<sup>3</sup> de agua. Este resultado es positivo para la comunidad de Manglaralto, con la obra que se diseñó se prevé evitar las inundaciones por intensas

precipitaciones durante un evento como “El Niño”, y luchar contra el déficit hídrico que sufre la parroquia por mal manejo del recurso y por eventos anómalos como “La Niña” que produjo una gran sequía en el año 2015.

### 3.3.3. Realización del Prediseño

A continuación, se presentan las diferentes vistas del diseño como: vista en planta, vista transversal del aliviadero y de la laguna de infiltración: m<sup>3</sup>



**Ilustración 3.20. Vista en planta de la laguna de infiltración.**

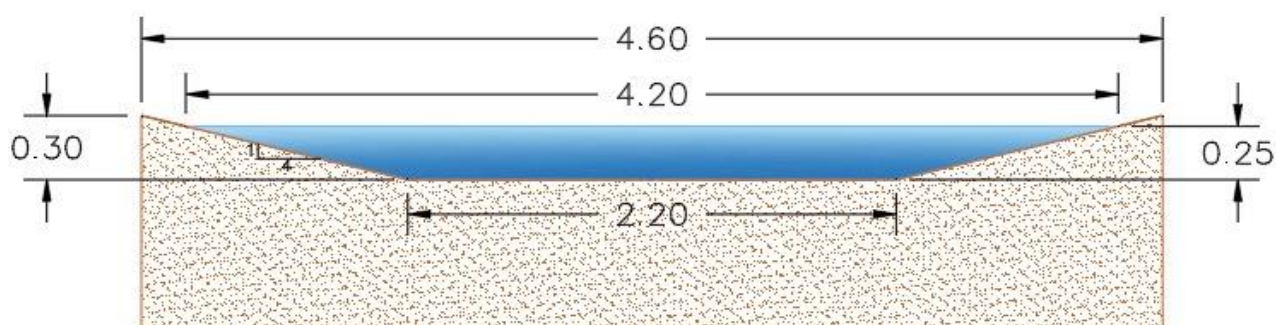
Elaborado por: Autores  
Fuente: AutoCAD

En la ilustración 29 se pudo determinar que el caudal excedente que se produce en el río por las fuertes precipitaciones que causa un evento anómalo como “El Niño”, recorre una distancia de 23 metros hasta llegar a la laguna de infiltración, es así, que se debió considerar la pérdida de agua que se produce hasta llegar a la laguna de infiltración. Adicionalmente, se muestran las dimensiones que lograron abarcar el volumen de agua producto del exceso del caudal y se consideró una construcción adicional de descarga

de agua en dirección laguna de infiltración-río como una medida de seguridad en caso de que el caudal excedente supere al calculado en este proyecto investigativo.

### **Vista Transversal del Aliviadero**

## SECCIÓN TRANSVERSAL ALIVIADERO



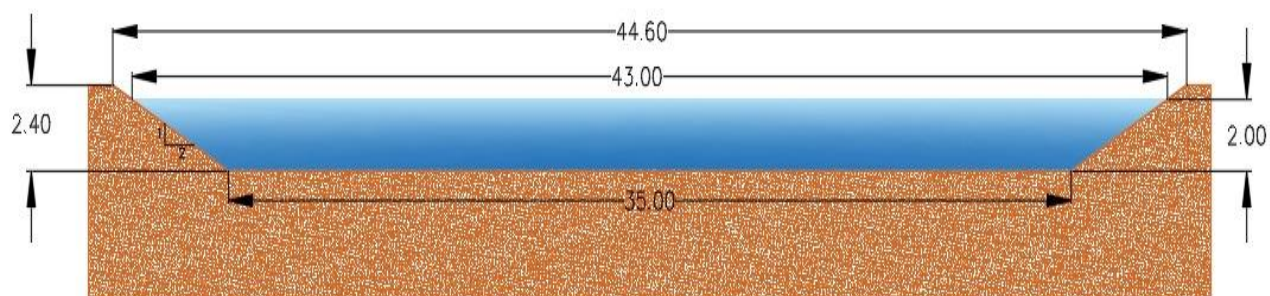
**Ilustración 3.21. Dimensiones del aliviadero.**

Elaborado por: Autores  
Fuente: AutoCAD

La ilustración 30, muestra el corte transversal que se realizó al canal del aliviadero el cual tiene 23 de longitud, esta ilustración permitió reconocer la solera del canal que es de 2.20m, la altura de la lámina de agua de 0.25m, la altura total del canal 0.30m, el ancho del espejo de agua de 4.20m y el ancho total del canal de 4.60m. Además, se determinó las pendientes que debió tener el canal para evitar algún movimiento de tierra, dichas pendientes tuvieron una relación de 1:4

### Vista Transversal de la laguna de infiltración

#### SECCIÓN TRANSVERSAL LAGUNA DE INFILTRACIÓN



**Ilustración 3.22. Dimensiones de la laguna de infiltración.**

Elaborado por: Autores

Fuente: AutoCAD

La ilustración 31, permitió reconocer las dimensiones ya calculadas en la fase del predimensionamiento, se determinó un ancho de solera de 35m, un ancho del espejo de agua de 43m y un ancho total de la laguna de 44.60m. Además, se pudo observar la altura de la lámina de agua de 2m, la altura total de 2.40m y la pendiente que tuvo una relación 1:2.



# CAPÍTULO 4

## 4. Conclusiones y Recomendaciones

### 4.1. Conclusiones

- La metodología planteada en este proyecto investigativo permitió identificar los bienes y servicios que brinda la naturaleza para comprender los procesos ecosistémicos y buscar alternativas adaptables a los diferentes hábitats, el impacto que tuvo la solución planteada es reconocer la inteligencia que tiene el ecosistema para autorregularse.
- Durante la selección de la solución natural más adaptable al ecosistema de la cabecera parroquial de Manglaralto, se evidenció el alto nivel de importancia del ámbito ambiental con un puntaje de 40 puntos sobre 100 producto del enfoque ecosistémico del proyecto investigativo.
- En el cuestionario realizado a una muestra de 323 habitantes del GAD-Manglaralto, se pudo evidenciar un 100% de aceptación para implementar soluciones amigables con el ambiente.
- Las actividades que realiza el ser humano en las cercanías de la cuenca de Manglaralto como: ganadería, avicultura, deforestación de la ribera afectan directamente el comportamiento del flujo del caudal y producen contaminación del agua por materia orgánica.
- Durante el evento extremo como “El Niño” de los años 1982, 1997 y 2015 se determinó que las afectaciones más recurrentes fueron las fuertes precipitaciones con un 28% y las inundaciones con un 26%.
- La construcción de diques y tapes permitió la retención de agua para mitigar el déficit hídrico, pero estas construcciones sin un estudio adecuado del hábitat natural potenciaron los problemas de inundaciones, el caudal excedente durante una fuerte precipitación producto de un evento anómalo como “El Niño” produce el desbordamiento del río afectando a la comunidad cercana.

- Según la Organización Mundial de la Salud (OMS) establece 0.25 g/l como la cantidad permisible de sales en un cuerpo de agua, el reconocimiento de campo permitió obtener información sobre la salinidad de los pozos y se pudo determinar que 4 de 14 pozos perforados poseen 1g/l de sal disuelta, lo que se interpretó como una alta concentración de salinidad.
- El déficit hídrico es uno de los problemas adicionales a las inundaciones, esto se pudo corroborar dado a que el 28,57% de los pozos presentaron un alto nivel de salinidad, el 35,72% un nivel medio y el 35,71% un bajo nivel de salinidad, lo que les permite contar con tan solo 9 de 14 pozos perforados.
- La Junta Administradora del Agua Potable de Manglaralto, posee una disponibilidad de un área de 4772.07 m<sup>2</sup> para la implementación de la obra.
- La alternativa de la laguna de infiltración mostró mayor puntaje frente a la restauración de la vegetación en la ribera del río, puesto que para la reforestación necesitan que el Municipio de Santa Elena otorguen los árboles y plantas, mientras que la alternativa seleccionada se puede implementar con los recursos existentes en la zona de estudio.
- En el estudio conocido como “Modelación Hidrológica del Río Manglaralto” realizado por Catuto (2019), se determinó que durante un evento anómalo como “El Niño” se produce un caudal de 605,2m<sup>3</sup>/s y en este proyecto se tomaron mediciones de las dimensiones del canal del río para utilizar la ecuación de Manning Chow (1994), la cual relaciona la pendiente de fondo, área mojada, radio hidráulico y coeficiente de rugosidad obteniendo un caudal de 604,33m<sup>3</sup>/s con lo cual se pudo determinar que el caudal excedente durante un evento extremo es de 0,87m<sup>3</sup>/s.
- La laguna diseñada absorbe y almacena agua similar a un humedal continental (zona de inundación natural), la cual retiene el volumen de 3515,67m<sup>3</sup> que se genera durante una creciente del fenómeno de “El Niño”.
- La infiltración que se produce en la laguna es de 5,66x10<sup>-3</sup>m<sup>3</sup> cada segundo, lo que representa un volumen de 489m<sup>3</sup> por día y un volumen de 535,455m<sup>3</sup> en 3 años que se aproxima a los 593.177m<sup>3</sup> que consumieron en el año 2016.

## 4.2. Recomendaciones

- En base a los resultados recolectados en esta investigación se sugiere realizar el levantamiento topográfico de la cuenca del río Manglaralto para determinar con exactitud la pendiente del fondo del canal que servirá para realizar futuras investigaciones.
- Para obtener una eficiencia alta del diseño realizado, se recomienda realizar mantenimientos frecuentes al dique de hormigón, dado a que una fisura en su estructura provocaría que todo el caudal se dirija a la laguna de infiltración produciendo una saturación del suelo.
- Dentro de las alternativas analizadas se planteó la reforestación de la ribera del río, se sugiere sembrar entre 2 o 3 árboles nativos como el cedro, tagua o manglillo al pie del talud de la laguna de infiltración (de preferencia en las 4 esquinas inferiores) para evitar deslizamientos de tierras que alteren la pendiente establecida.
- Una de las conclusiones a la que llegó la investigación es el volumen que se infiltra en el acuífero, por lo que se recomienda monitorear constantemente los ascensos y descensos del nivel freático y así evitar una inundación por agua subterránea.
- La implementación de la laguna de infiltración sugiere plantear futuras investigaciones, como la pérdida de agua que se produce por evapotranspiración y así, determinar el volumen que se pierde en el río y en la obra implementada.
- Para la reducción de costos, se sugiere realizar una correcta socialización del proyecto para utilizar como mano de obra a los habitantes de Manglaralto.
- El tiempo de concentración que se utilizó en este proyecto investigativo fue tomado de una referencia bibliográfica y corroborado mediante la ecuación de Kirpich, por lo que se recomienda utilizar equipo altamente tecnificado que permita conocer con exactitud la distancia del tramo AB correspondiente a la cuenca media del río Manglaralto.

## 5. Bibliografía

- Agualia. (2014). *Informe de Sostenibilidad*. Obtenido de El proceso de transporte de sedimentos en los ríos: <https://www.iagua.es/noticias/mexico/imta/14/12/22/como-se-produce-proceso-transporte-sedimentos-lo-rios>
- Ambientum. (2016). *Agua Subterránea*. Obtenido de [https://www.ambientum.com/enciclopedia\\_medioambiental/aguas/agua\\_subterranea.asp](https://www.ambientum.com/enciclopedia_medioambiental/aguas/agua_subterranea.asp)
- Asamblea Nacional del Ecuador. (1 de agosto de 2018). *Constitución de la República del Ecuador*. Obtenido de <https://www.ambiente.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2018/09/Constitucion-de-la-Republica-del-Ecuador.pdf>
- Beck, M., & Borja, R. (13 de Julio de 2017). *Protección Costera basada en ecosistemas*. Obtenido de <https://www.mendeley.com/reference-manager/reader/30f66730-84f7-3b7e-bb16-16e6f9915f64/7897cfd7-05ab-656f-61b7-e190aedd2053>
- Beck, Michael W. (Junio de 12 de 2018). *The global flood protection savings provided by coral reefs*. Obtenido de Nature Communications.
- Benítez, M. O. (Enero de 2019). *Centro de Estudios Ambientales de Cienfuegos (CEAC)*. Obtenido de Zanjas de infiltración: [http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1680-03382019000100058&lng=es&nrm=iso](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1680-03382019000100058&lng=es&nrm=iso)
- Catuto, M. (2019). *Modelación hidrológica del río Manglaralto para la generación de mapas de inundación de la parroquia Manglaralto provincia de Santa Elena*. Obtenido de <https://repositorio.upse.edu.ec/bitstream/46000/5265/1/UPSE-TIC-2020-0001.pdf>
- Centro Internacional para la investigación del fenómeno "El Niño". (2017). *El Niño 2015-16: evolución, vulnerabilidad e impactos en Latinoamérica*. Obtenido de [https://www.researchgate.net/publication/321724092\\_El\\_Niño\\_2015-16\\_evolucion\\_vulnerabilidad\\_e\\_impactos\\_en\\_Latinoamerica](https://www.researchgate.net/publication/321724092_El_Niño_2015-16_evolucion_vulnerabilidad_e_impactos_en_Latinoamerica)

- Chow, V. T. (1994). *Hidráulica de Canales Abiertos*. Obtenido de [https://www.academia.edu/43519012/Ven\\_Te\\_Chow\\_HIDRAULICA\\_DE\\_CANAL\\_ES\\_ABIERTOS](https://www.academia.edu/43519012/Ven_Te_Chow_HIDRAULICA_DE_CANAL_ES_ABIERTOS)
- Clima Manglaralto. (2020). *Clima Manglaralto Ecuador*. Obtenido de <https://es.climate-data.org/america-del-sur/ecuador/santa-elena-province/manglaralto-25418/>
- Coastal Resources Center. (1993). *Programa de Manejo de Recursos Costeros*. Obtenido de Plan de Manejo de la Zona Especial de Manejo (ZEM) San Pedro, Valdivia, Manglaralto: [https://www.crc.uri.edu/download/SanPedroValdivia\\_ZEM\\_1993\\_Esp.pdf](https://www.crc.uri.edu/download/SanPedroValdivia_ZEM_1993_Esp.pdf)
- Código Orgánico del Ambiente. (2017). *Código Orgánico del Ambiente*. Obtenido de <https://www.ambiente.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2018/09/Codigo-Organico-del-Ambiente.pdf>
- Comisión Económica para América Latina y el Caribe [CEPAL]. (Marzo de 1993). *Ecuador: Evaluación de los efectos de las inundaciones de 1982-1993 sobre el desarrollo económico y social*. Obtenido de <https://www.eird.org/esp/cdcapra/pdf/spa/doc12863/doc12863-10.pdf>
- Comunidad Andina . (2009). *El Niño Oscilación del Sur -ENOS*. Obtenido de [http://www.comunidadandina.org/predecan/atlasweb/chapters/el\\_nino\\_y\\_la\\_nina/index.html](http://www.comunidadandina.org/predecan/atlasweb/chapters/el_nino_y_la_nina/index.html)
- Convención de Ramsar sobre los humedales. (2016). *Humedales: una protección natural frente a desastres*. Obtenido de [https://www.ramsar.org/sites/default/files/fs\\_9\\_drr\\_esp\\_30j.pdf](https://www.ramsar.org/sites/default/files/fs_9_drr_esp_30j.pdf)
- Dema, I. S. (4 de Diciembre de 2020). *Servicios ecosistémicos: qué son, tipos y ejemplos*. Obtenido de Ecología Verde: <https://www.ecologiaverde.com/servicios-ecosistemas-que-son-tipos-y-ejemplos-2998.html>
- Denis Delestrac. (2012). *Documental La Guerra por la arena*. Obtenido de youtube: [https://youtu.be/L\\_Ty5ay4ieU](https://youtu.be/L_Ty5ay4ieU)
- Diario Extra. (Octubre de 2020). *Emergencia por falta de agua en Manglaralto*. Obtenido de <https://www.extra.ec/noticia/actualidad/emergencia-falta-agua-manglaralto-42598.html>
- Diseño Programación y Desarrollo, D. (2015). *Corriente de El Niño o fenómeno de El Niño*. Obtenido de <https://www.profesorenlinea.cl/geografiagraf/EINinoCorriente.htm>

- Eguia, S., & Baxendale, C. A. (2019). *Infraestructura verde” concepto y enfoque integrador en la práctica del ordenamiento territorial*. Obtenido de [https://www.researchgate.net/profile/Walter-Pengue/publication/334304457\\_AGRICULTURA\\_ORGANICA\\_Y\\_CERTIFICADORA\\_LA\\_PARTE\\_DEL\\_LEON/links/5d235204a6fdcc2462cc1923/AGRICULTURA-ORGANICA-Y-CERTIFICADORA-LA-PARTE-DEL-LEON.pdf#page=27](https://www.researchgate.net/profile/Walter-Pengue/publication/334304457_AGRICULTURA_ORGANICA_Y_CERTIFICADORA_LA_PARTE_DEL_LEON/links/5d235204a6fdcc2462cc1923/AGRICULTURA-ORGANICA-Y-CERTIFICADORA-LA-PARTE-DEL-LEON.pdf#page=27)
- El Diario "El Universo". (2002). *Rompeolas debilitado en Manglaralto*. Obtenido de <https://www.eluniverso.com/2002/12/14/0001/18/97A47A1542DB41D286D93B5BDC354A29.html>
- Enfield, D. B. (5 de Marzo de 2020). *"El Niño"*. Obtenido de Enciclopedia Británica: <https://www.britannica.com/science/El-Nino>
- Enviroment Programme. (2019). *Soluciones Basadas en la Naturaleza*. Obtenido de <https://www.arcgis.com/apps/Cascade/index.html?appid=9b0badb4ece8429fbcd0ebd87bb11aa>
- Equatorial Pacific Sea Surface Temperatures | Teleconnections | National Centers for Environmental Information [NCEI]. (2021). *Equatorial Pacific Sea Surface Temperatures | Teleconnections*. Obtenido de <https://www.ncdc.noaa.gov/teleconnections/enso/indicators/sst/#oni>
- Equipo Técnico Consul&Project S.A. (2019). *Plan de desarrollo de ordenamiento territorial para la comuna Manglaralto*. Obtenido de <https://www.mendeley.com/reference-manager/reader/6c855576-7832-38b8-a702-3a360efbb6e5/3135db55-8113-cd65-61cb-06acced1b64f>
- Espinoza, J. (1996). *Instituto Oceanográfico y Antártico de la Armada*. Obtenido de <https://www.inocar.mil.ec/web/index.php/publicaciones/actas-oceanograficas/file/102-el-nino-y-sus-implicaciones-sobre-el-medio-ambiente>
- Franco, G. H., Carrión, P., & Briones, J. (26 de Julio de 2019). *Management practices for a sustainable community and its impact on development, Manglaralto-Santa Elena, Ecuador*. Obtenido de [https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&cad=rja&uact=8&ved=2ahUKEwjLq4WEI9fxAhVpSTABHSQxAA4QFnoECAUQAw&url=http%3A%2F%2Fiaccei.org%2FACCEI2019-MontegoBay%2Ffull\\_papers%2FFP130.pdf&usg=AOvVaw2-kZhZ9ZH6wY8biyih-voR](https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&cad=rja&uact=8&ved=2ahUKEwjLq4WEI9fxAhVpSTABHSQxAA4QFnoECAUQAw&url=http%3A%2F%2Fiaccei.org%2FACCEI2019-MontegoBay%2Ffull_papers%2FFP130.pdf&usg=AOvVaw2-kZhZ9ZH6wY8biyih-voR)

- Fund, W. W. (11 de Noviembre de 2020). *En qué consisten las soluciones basadas en la naturaleza y cómo pueden ayudarnos a enfrentar la crisis climática?* Obtenido de <https://www.worldwildlife.org/descubre-wwf/historias/en-que-consisten-las-soluciones-basadas-en-la-naturaleza-y-como-pueden-ayudarnos-a-enfrentar-la-cri-sis-climatica>
- GAD-P Manglaralto. (2020). *Cédulas de Gastos e Ingresos Parroquial Manglaralto*. Obtenido de [gadmanglaralto.gob.ec/media/lotaip\\_archivos/CedPresDic2020.pdf](http://gadmanglaralto.gob.ec/media/lotaip_archivos/CedPresDic2020.pdf)
- Galvez, H., & Regalado, J. (2007). *Características de las precipitaciones, la temperatura del aire y los vientos en la Costa Ecuatoriana*. Obtenido de [https://www.inocar.mil.ec/web/phocadownloadpap/actas\\_oceanograficas/acta14/OCE1401\\_25.pdf](https://www.inocar.mil.ec/web/phocadownloadpap/actas_oceanograficas/acta14/OCE1401_25.pdf)
- Gen, L., Baohua, R., Chengyun, Y., & Jianqiu, Z. (2010). Indices of El Niño and El Niño Modoki: An improved El Niño Modoki index. En *Advances in Atmospheric Sciences* (págs. 1210-1220).
- Instituto de Tecnologías Educativas. (2019). *El fenómeno de la Oscilación del Sur-El Niño (ENSO)*. Obtenido de [https://fjerrer.webs.ull.es/Apuntes3/Leccion05/1\\_el\\_fenmeno\\_de\\_la\\_oscilacin\\_d\\_el\\_surel\\_nio\\_enso.html](https://fjerrer.webs.ull.es/Apuntes3/Leccion05/1_el_fenmeno_de_la_oscilacin_d_el_surel_nio_enso.html)
- Instituto Nacional de Estadística y Censo [INEC]. (2010). *Instituto Nacional de Estadística y Censo*. Obtenido de Ecuador en cifras: <https://www.ecuadorencifras.gob.ec/wp-content/plugins/download-monitor/download.php?id=311&force=1>
- Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. (2018). *El Fenómeno El Niño y la Oscilación del Sur*. Obtenido de Sistema de Información Clima y Agua: [http://climayagua.inta.gob.ar/que\\_es\\_el\\_fenomeno\\_el\\_ni%C3%B1o](http://climayagua.inta.gob.ar/que_es_el_fenomeno_el_ni%C3%B1o)
- Instituto Nacional Oceanográfico de la Armada [INOCAR]. (1996). *El Niño y sus implicaciones*. Obtenido de [https://www.inocar.mil.ec/web/phocadownloadpap/actas\\_oceanograficas/acta8/OCE801\\_11.pdf](https://www.inocar.mil.ec/web/phocadownloadpap/actas_oceanograficas/acta8/OCE801_11.pdf)
- International Union for Conservation of Nature [IUCN]. (2012). *Soluciones Basadas en la Naturaleza*. Guatemala.
- Matteucci, S. D. (2019). *Investigación-Acción: El rol de los científicos para la sustentabilidad del planeta tierra*. Obtenido de <https://www.researchgate.net/profile/Walter->

Pengue/publication/334304457\_AGRICULTURA\_ORGANICA\_Y\_CERTIFICADO  
RA\_LA\_PARTE\_DEL\_LEON/links/5d235204a6fdcc2462cc1923/AGRICULTURA  
-ORGANICA-Y-CERTIFICADORA-LA-PARTE-DEL-LEON.pdf#page=27

Moreno, J. (Agosto de 2020). *De la resistencia a la resiliencia*. Obtenido de  
<https://papiro.unizar.es/ojs/index.php/zarch/article/view/4619>

Municipal de Juzbado. Salamanca. (2013). *Proyecto de recuperación y puesta del  
bosque de ribera del río Tormes*. Obtenido de  
[http://www.premioconama.org/bo/bancorecursos/banco\\_imagenes/premios09/inscripciones/205\\_Arte%20emboscado.pdf](http://www.premioconama.org/bo/bancorecursos/banco_imagenes/premios09/inscripciones/205_Arte%20emboscado.pdf)

Murillo, M. A. (27 de Febrero de 2018). *Innovación en restauración de arrecifes de coral  
en el Caribe Mexicano*. Obtenido de <https://www.aquahoy.com/i-d-i/sistemas-de-cultivo/31195-innovacion-en-restauracion-de-arrecifes-de-coral-en-el-caribe-mexicano>

Naciones Unidas. (2015). *Acuerdo de París*. Obtenido de  
<https://www.un.org/es/climatechange/paris-agreemen>

Oficina Regional de Las Américas y El Caribe [UNDRR]. (2018). *¿Qué es el Marco de  
Sendai para la Reducción del Riesgo de Desastres?* Obtenido de  
<https://www.undrr.org/es/implementando-el-marco-de-sendai/que-es-el-marco-de-sendai-para-la-reduccion-del-riesgo-de>

Organización de las Naciones Unidas [ONU]. (2018). *Objetivos y metas de desarrollo  
sostenible*. Obtenido de Desarrollo Sostenible:  
<https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/objetivos-de-desarrollo-sostenible/>

Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y Agricultura. (2020).  
*Servicios ecosistémicos y biodiversidad*. Obtenido de  
<http://www.fao.org/ecosystem-services-biodiversity/es/>

Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO). (2018).  
*Infiltración Natural*. Obtenido de  
[http://www.fao.org/fishery/docs/CDrom/FAO\\_Training/FAO\\_Training/General/x6705s/x6705s01.htm#top](http://www.fao.org/fishery/docs/CDrom/FAO_Training/FAO_Training/General/x6705s/x6705s01.htm#top)

Organización de Naciones Unidas. (2019). *Perspectivas del Medio Ambiente Mundial,  
GEO-6 icono barra herramientas*. Obtenido de



[https://wedocs.unep.org/bitstream/handle/20.500.11822/27539/GEO6\\_2019.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://wedocs.unep.org/bitstream/handle/20.500.11822/27539/GEO6_2019.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

Organización Meteorológica Mundial [OMM]. (18 de febrero de 2016). *Boletín El Niño/La Niña Hoy*.

Peña, J., & Prada, J. (1996). *Ingeniería Marítima Romana a comienzos de nuestra era*. Obtenido de <https://www.redalyc.org/journal/5038/503857532008/html/>

Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial. (2014). *Equipo Técnico Consultor de la Actualización del*. Obtenido de <http://www.gadmanglaralto.gob.ec/pdot/>

Polania, C., & Casanoves, F. (2011). *Diversidad Funcional y Servicios Ecosistémicos*. Obtenido de [https://www.researchgate.net/profile/Fernando-Casanoves/publication/283506488\\_Diversidad\\_funcional\\_y\\_servicios\\_ecosistemicos/links/5669c12e08ae430ab4f73d6b/Diversidad-funcional-y-servicios-ecosistemicos.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Fernando-Casanoves/publication/283506488_Diversidad_funcional_y_servicios_ecosistemicos/links/5669c12e08ae430ab4f73d6b/Diversidad-funcional-y-servicios-ecosistemicos.pdf)

Salas, E., & Maldonado, E. (26 de Enero de 2020). *Brief history of climate change science and global political response: a context analysis*. Obtenido de [https://knepublishing.com/index.php/KnE-Engineering/article/view/6294/11663#content/contributor\\_reference\\_2](https://knepublishing.com/index.php/KnE-Engineering/article/view/6294/11663#content/contributor_reference_2)

Sandoval, W. (2018). *Aliviaderos*. Obtenido de [https://www.researchgate.net/publication/326561046\\_Capitulo\\_7\\_Aliviaderos](https://www.researchgate.net/publication/326561046_Capitulo_7_Aliviaderos)

Secretaría de Gestión de Riesgos . (2015). *Plan de Contingencia Nacional para Fenómeno de El Niño 2015*. Obtenido de [https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&ved=2ahUKEwjOkOmy8azxAhXNnOAKHW96B-EQFnoECAMQBA&url=https%3A%2F%2Fwww.gestionderiesgos.gob.ec%2Fwp-content%2Fplugins%2Fdownload-monitor%2Fdownload.php%3Fid%3D4120%26force%3D1&usg=AOvVaw0s\\_UGhB](https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&ved=2ahUKEwjOkOmy8azxAhXNnOAKHW96B-EQFnoECAMQBA&url=https%3A%2F%2Fwww.gestionderiesgos.gob.ec%2Fwp-content%2Fplugins%2Fdownload-monitor%2Fdownload.php%3Fid%3D4120%26force%3D1&usg=AOvVaw0s_UGhB)

Secretaría del Medio Ambiente. (2021). *Infraestructura Verde*. Mexico. Obtenido de <https://sedema.cdmx.gob.mx/programas/programa/infraestructura-verde>

Soledispa, B. (2000). Obtenido de <https://www.mendeley.com/reference-manager/reader/7f4b5e0e-98f5-3a45-90e4-f66cf0df858b/2c523d14-e7fb-2b8b-4192-e808f5dc7793>

- Soledispa, B. (2000). El fenómeno "El Niño" 97-98 y sus efectos en las Costas Ecuatorianas. En *Acta Oceanográfica del Pacífico* (págs. 181-188). Guayaquil, Ecuador: Instituto Oceanográfico de la Armada.
- The Nature Conservancy . (2019). *Soluciones Basadas en la Naturaleza*. Obtenido de [https://ec.europa.eu/info/research-and-innovation\\_en](https://ec.europa.eu/info/research-and-innovation_en)
- The Nature Conservancy. (22 de Marzo de 2019). *Soluciones Basadas en la Naturaleza*. Obtenido de [https://www.miteco.gob.es/es/agua/formacion/soluciones-basadas-en-la-naturaleza\\_tcm30-496389.pdf](https://www.miteco.gob.es/es/agua/formacion/soluciones-basadas-en-la-naturaleza_tcm30-496389.pdf)
- Tomala, B. (14 de Julio de 2021). Red hidrográfica de Manglaralto. (K. Vargas, Entrevistador)
- Truque, P. (2012). *Armonización de los estándares de agua potable en las Américas*. Obtenido de <https://www.oas.org/dsd/publications/classifications/Armoniz.EstandaresAguaPotable.pdf>
- Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza. (2021). *Soluciones Basadas en la Naturaleza*. Obtenido de <https://www.iucn.org/node/28778>
- United States. Army. Corps of Engineers. Coastal Engineering Research Center. (1984). *Shore Protection Manual*. Washington DC: Dept. of the Army, Waterways Experiment Station, Corps of Engineers, Coastal Engineering Research Center.
- Universidad Autónoma de Madrid. (2018). *La infiltración directa sobre el terreno*. Obtenido de [https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&cad=rja&uact=8&ved=2ahUKEwif\\_PrjtPjxAhXomOAKHYfpDfIQFjABegQIAhAD&url=http%3A%2F%2Faguas.igme.es%2Ffigme%2Fpublica%2Fdepuracion\\_aresidual%2F3.pdf&usg=AOvVaw0oLtS\\_RrgtUrv1UmFP\\_4yY](https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&cad=rja&uact=8&ved=2ahUKEwif_PrjtPjxAhXomOAKHYfpDfIQFjABegQIAhAD&url=http%3A%2F%2Faguas.igme.es%2Ffigme%2Fpublica%2Fdepuracion_aresidual%2F3.pdf&usg=AOvVaw0oLtS_RrgtUrv1UmFP_4yY)
- Victor Villalobos: Miguel García; Felipe Ávila. (2017). *El agua para la agricultura de las Américas*. Obtenido de <https://repositorio.iica.int/bitstream/handle/11324/6148/BVE17109367e.pdf;jsessionid=A6BD91473CA8B6947E5969FE7DEB3514?sequence=1>
- World Wildlife Fund. (11 de Noviembre de 2020). *¿En qué consisten las soluciones basadas en la naturaleza y cómo pueden ayudarnos a enfrentar la crisis climática?* Obtenido de [97](https://www.worldwildlife.org/descubre-wwf/historias/en-que-</a></p>
</div>
<div data-bbox=)

consisten-las-soluciones-basadas-en-la-naturaleza-y-como-pueden-ayudarnos-a-enfrentar-la-crisis-climatica

Zuniga, M. S. (2020). *Hablemos de Sostenibilidad y Cambio Climatico*. Climate Home.

# ANEXOS

## Anexo A. Cuestionario

**Fecha:** \_\_\_\_ - \_\_\_\_ - 2021

**Día:**

**Horario:**

Buenos días/tardes soy estudiante de la FINCM (Facultad de Ingeniería Marítima y Ciencias del Mar) de la ESPOL, estamos realizando una investigación, cuyo objetivo es identificar beneficios que otorgan las soluciones basadas en la naturaleza ante los efectos que produce un evento extremo como “El Niño” con la finalidad de plantear alternativas diferentes a obras de infraestructura gris de la materia Integradora por lo que esperamos contar con su colaboración. Sus respuestas son de absoluta confidencialidad y solo serán usados con fines académicos. Por ningún motivo serán tratadas de forma individual para otro fin.

**INSTRUCCIONES:** Marque la opción con la que se identifique en cada una de las siguientes preguntas.

### 1. Edad

- 18-30
- 31-45
- 46-70
- Mayores de 70 años

### 2. Ocupación

- Estudiante
- Comerciante
- Ama de casa
- Otra

### 3. ¿Conoce usted sobre el fenómeno “El Niño”?

- Si
- No

### 4. ¿Qué eventos del fenómeno “El Niño” usted ha vivido?

- 1982
- 1997
- 2015
- Todos

### 5. ¿Qué recuerda de los fenómenos “El Niño” en Manglaralto?

- Olas grandes
- Inundaciones
- Sacos en la playa
- Basura en la playa
- Vientos huracanados
- Fuertes lluvias
- Otros: \_\_\_\_\_

### 6. ¿Qué recuerda de los daños que generó “El Niño” en Manglaralto?

- Derrumbamiento de viviendas
- Pérdidas de calles
- Daño de muro de protección
- Pérdida de especies en el manglar
- Contaminación de pozos de agua dulce
- Otros: \_\_\_\_\_

**7. Durante su vida en Manglaralto, ¿Qué tipo de cambios usted ha observado en la playa y en el manglar?**

- Menos playa ( pérdida de arena, aumento del nivel del mar)
- Disminución del turismo
- Construcción de cabañas
- Disminución de la vegetación
- Aumento del caudal del río
- Disminución del caudal del río
- Contaminación por aguas residuales
- Otros:

**8. Durante el fenómeno EL Niño, ¿qué actividades piensa usted que se verán más afectadas?**

- Agricultura y/o ganadería
- viviendas
- vías de transporte, comunicaciones y red eléctrica
- Playa
- Manglar
- otro

**9. ¿Está de acuerdo con que se debe implementar soluciones amigables con el ambiente para la protección de Manglaralto en vez de las soluciones tradicionales como muros, sacos de arena, rompeolas o malecones?**

- ¿SI, Por Qué?
- ¿NO, Por Qué?

**10. ¿Por qué motivos cree usted que el fenómeno “El Niño” es más fuerte y con mayor frecuencia?**

- Cambio Climático
- Actividades realizadas por el hombre
- Naturaleza
- Otros: \_\_\_\_\_

**11. ¿Cómo usted disminuiría los daños que produce el fenómeno “El Niño”?**

- Describa su idea

**Anexo B. Afectaciones por Inundaciones en la cabecera Parroquial Manglaralto**



**Ilustración 5.1. Inundaciones por fenómeno "El Niño" 2015**

Fuente: GAD-P Manglaralto

**Anexo C. Toma de encuestas en Manglaralto**



**Ilustración 5.2. Toma de encuestas en Manglaralto**

**Anexo D. Socialización del proyecto con miembros de la Junta Administradora del Agua Potable de Manglaralto**



**Ilustración 5.3. Socialización del Proyecto con miembros de JAAPMAN**

**Anexo E. Toma de datos en los diques de Manglaralto**





Manglaralto, Ecuador

Latitude  
-1.8399375925032873°

Longitude  
-80.73958311581427°

Local 12:03:50 p. m.  
GMT 05:03:50 p. m.

Altitude 22,05 meters  
viernes, 07-23-2021



**Ilustración 5.4. Toma de datos en los diques de Manglaralto**



## Anexo F. Entrevistas y recomendaciones de Expertos



Ilustración 5.5. Entrevista con expertos

## Anexo G. Mapas de la cuenca del río Manglaralto

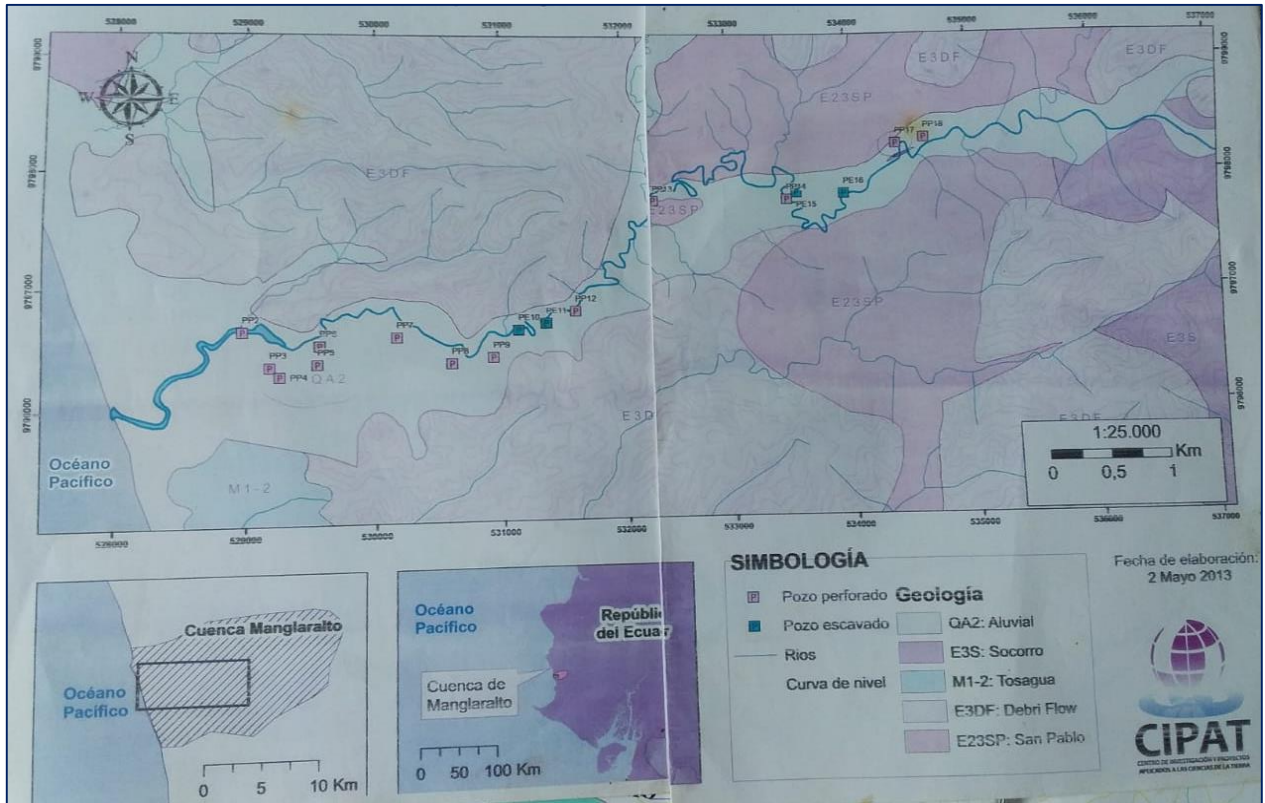


Ilustración 5.6. Cuenca de Manglaralto

Elaborado por: CIPAT- ESPOL

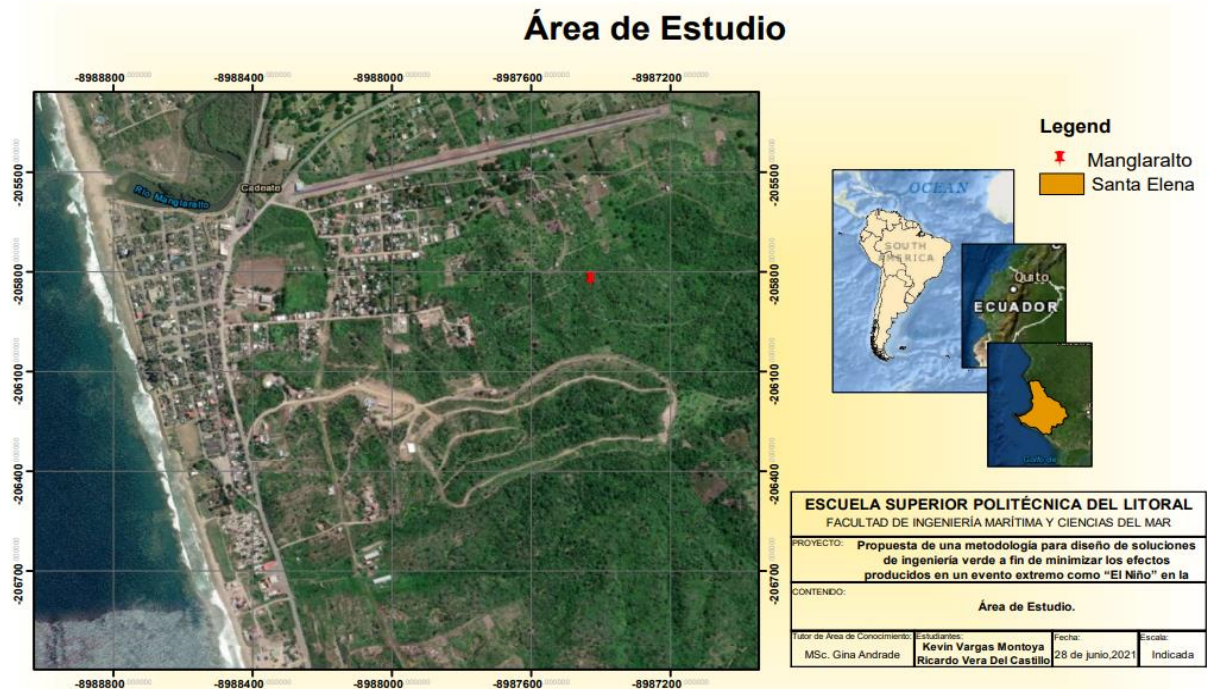


Ilustración 5.7. Área de Estudio de Manglaralto

Elaborado por: Autores

## Anexo H. Costos para la implementación de la SbN

**Tabla 5.1. Costos para la implementación de SbN**

Costos para la Implementación SbN					
Item	Rubro	Unidad	Cantidad	Precio Unitario	Costo Total
1	Limpieza y desbroce a máquina (Remoción de capa vegetal, e: 0,15 m)	m <sup>3</sup>	384,07	\$1,50	\$576,10
2	Replanteo y Nivelación	m <sup>2</sup>	2682,37	\$1,05	\$2.816,49
3	Excavación a máquina a cielo abierto	m <sup>3</sup>	4546,48	\$3,04	\$13.821,31
4	Desalojo de Material de Excavación (5 Km)	m <sup>3</sup>	5916,66	\$1,50	\$8.874,99
					<b>\$26.088,89</b>

Elaborado por: Autores  
Fuente: Costos Operacionales del Grupo Veolia