



**UNIVERSIDAD LAICA “ELOY ALFARO” DE MANABÍ**

**FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS**

**INGENIERÍA EN RECURSOS NATURALES Y AMBIENTALES**

**TEMA:**

“ANÁLISIS DE LA VULNERABILIDAD POR INUNDACIÓN EN LA PARROQUIA SANTA ANA DE VUELTA LARGA, PROVINCIA DE MANABÍ, ECUADOR”.

**AUTORES:**

BRYAN DANILO BURGOS CHOEZ  
ANDREA VALENTINA MARCILLO ZAMBRANO

**TUTOR:**

BLGO. DAVID MERO DEL VALLE MG. SC.

**MANTA-MANABI-ECUADOR**

**2017**

## **CERTIFICACIÓN DEL TUTOR**

Blgo. David Jesod Mero del Valle certifica haber tutelado la tesis “Análisis de la vulnerabilidad por inundación en la parroquia Santa Ana de Vuelta Larga, provincia de Manabí, Ecuador”, que ha sido desarrollada por Bryan Danilo Burgos Choez y Andrea Valentina Marcillo Zambrano, egresados de la carrera Ingeniería en Recursos Naturales y Ambientales, previo a la obtención del título de Ingeniero en Recursos Naturales y Ambientales, de acuerdo al REGLAMENTO PARA LA ELABORACION DE LA TESIS DE GRADO DEL TERCER NIVEL, de la Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí.

---

Blgo. David Jesod Mero del Valle Mg. Sc.

**CI: 131207448-5**

## DECLARACIÓN DE AUTORÍA

La responsabilidad de los hechos, ideas y doctrinas expuestos en la presente tesis, corresponde exclusivamente al tutor y el patrimonio intelectual de los autores, estudiantes de la carrera de Ingeniería en Recursos Naturales y Ambientales de la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí.

---

Bryan Danilo Burgos Choez

**CI:** 131628271-2

---

Andrea Valentina Marcillo Zambrano

**CI:** 131169570-2

**UNIVERSIDAD LAICA ELOY ALFARO DE MANABÍ**

**FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS**

**TESIS DE GRADO**

**“Análisis de la vulnerabilidad por inundación en la parroquia Santa Ana de  
Vuelta Larga, provincia de Manabí, Ecuador”.**

**Tesis presentada al H. Consejo Directivo de la Facultad Ciencias  
Agropecuarias como requisito para obtener el título de:**

**INGENIERO/A EN RECURSOS NATURALES Y AMBIENTALES**

-----  
Ing. Yessenia García Montes Mg. Sc

**DECANA DE LA FACULTAD**

-----  
Blgo. David Mero del Valle Mg. Sc.

**TUTOR DE TESIS**

**MIEMBROS DEL TRIBUNAL**

**Ing. Jimmy Cevallos Zambrano, Mg. Sc.**

-----

**Ing. Brígida Rodríguez Guerrero, Mg. Sc.**

-----

**Ing. Ángel Guzmán Cedeño, Ph.D.**

-----

## **AGRADECIMIENTO**

Queremos dejar expresado en estas líneas el agradecimiento infinito a Dios, quien es el autor de nuestras vidas y quien puso en nosotros las cualidades intrínsecas para poder responder con éxito durante esta etapa de formación profesional.

A mamá, papá y hermanos, que fueron ese soporte incondicional durante estos años de estudio, sin ustedes este proyecto no existiría.

A nuestro tutor de tesis, Blgo. David Mero del Valle, que con su conocimiento supo dirigir este proyecto investigativo.

A todos nuestros profesores, por habernos entregado sus enseñanzas que sirvieron de base en la realización de este proyecto.

A la Ing. Brígida Rodríguez, Ing. Shirley Zurita y Dra. Scarlet Cartaya, quienes colaboraron profesionalmente con sus conocimientos en el campo de los sistemas de información geográfica.

A nuestros amigos y compañeros de clases, con quienes compartimos momentos especiales y fueron apoyándonos a lo largo de esta etapa.

Y, por último, a todos los que nos brindaron su ayuda en lograr esta meta, sin ustedes no habría sido posible este sueño, ¡mil gracias!

## **DEDICATORIA**

Al creador de todas las cosas, a mi Dios, porque por él vivo y que, a la falta de mi padre natural, quien no está físicamente en esta tierra, ha sido quien me ha sostenido en todos los momentos difíciles que en esta vida me ha tocado experimentar.

A mi madre abnegada que con amor, sacrificio y valentía ha sabido luchar para sacarme adelante y motivarme para no desmayar jamás, decirle que la amo de manera infinita porque para mí es una heroína silenciosa.

A mis dos hermanos, porque a pesar de ser jóvenes son quienes han estado conmigo brindándome su apoyo incondicional y el amor más sincero.

A mis compañeros de la universidad, que por más de 4 años hemos compartido diferentes experiencias, algunos tomaremos rumbos distintos para continuar con nuestros sueños pero lo que perdurará para siempre será nuestra amistad y los recuerdos compartidos.

**Andrea Valentina Marcillo Zambrano**

## **DEDICATORIA**

A Dios, por ser el creador del universo, dador de vida y mentor de nuestros sueños y anhelos.

A mi madre y abuela, por sus sabios consejos, amor infinito y apoyo incondicional en todas las decisiones tomadas a lo largo de mi vida.

A mis mejores amigos, por los momentos compartidos, las enseñanzas adquiridas y la motivación brindada para conmigo.

Y, de manera especial, a mi querida amiga Zulay Paola Intriago Naranjo, quien en vida fue una de las mejores amistades que tuve. ¡Esto va por ti!

**Bryan Danilo Burgos Choez**

# ÍNDICE GENERAL

CERTIFICACIÓN DEL TUTOR .....	ii
DECLARACIÓN DE AUTORÍA.....	iii
MIEMBROS DEL TRIBUNAL .....	iv
AGRADECIMIENTO .....	v
DEDICATORIA .....	vi
ÍNDICE GENERAL .....	viii
ÍNDICE DE TABLAS .....	xi
RESUMEN .....	xii
SUMMARY.....	xiii
I. INTRODUCCIÓN .....	1
II. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	3
2.1. CONTEXTUALIZACIÓN .....	3
2.1.1. Contexto macro .....	3
2.1.2. Contexto meso .....	4
2.1.3. Contexto micro .....	5
2.2. ANÁLISIS CRÍTICO .....	6
2.3. DELIMITACIÓN.....	8
2.3.1. Espacial .....	8
2.3.2. Temporal .....	8
2.4. JUSTIFICACIÓN.....	8
III. OBJETIVOS.....	10
Objetivo general .....	10
Objetivos específicos .....	10
IV. HIPÓTESIS .....	10
V. VARIABLES.....	10
5.1. VARIABLE DEPENDIENTE.....	10
5.2. VARIABLE INDEPENDIENTE .....	10
VI. MARCO TEÓRICO REFERENCIAL .....	11
6.1. MARCO TEÓRICO .....	11
6.1.1. Sistema de información geográfica .....	11
6.1.2. El fenómeno de las inundaciones .....	11
a) Según su duración.....	12
- Inundaciones lentas.....	12
- Inundaciones rápidas.....	12

b)	Según su origen .....	13
-	Inundaciones pluviales .....	13
-	Inundaciones fluviales .....	13
-	Inundaciones costeras.....	13
-	Inundaciones por falla de infraestructuras hidráulicas.....	13
6.1.3.	Las zonas susceptibles a la inundación .....	13
a)	Pendiente.....	14
b)	Permeabilidad.....	14
c)	Procesos degradativos.....	15
d)	Litología .....	16
e)	Depósitos cuaternarios.....	16
6.1.4.	La vulnerabilidad.....	17
a)	Vulnerabilidad física .....	17
b)	Vulnerabilidad social.....	18
c)	Vulnerabilidad ecológica .....	18
d)	Vulnerabilidad económica .....	19
6.1.5.	Los periodos de retorno.....	19
6.1.6.	Estrategias de adaptación .....	21
6.1.7.	Caracterización del área de estudio.....	21
a)	Clima.....	21
b)	Geomorfología.....	22
c)	Relieve.....	22
d)	Suelo.....	22
e)	Cobertura vegetal y uso de la tierra .....	23
f)	Aspectos socioeconómicos .....	23
6.2.	MARCO LEGAL .....	24
6.2.1.	Constitución de la República del Ecuador .....	24
6.2.2.	Ley de seguridad pública y del Estado .....	25
6.2.3.	Código orgánico de ordenamiento territorial, autonomía y descentralización (COOTAD) .....	25
6.2.4.	Código orgánico de planificación y finanzas públicas .....	26
6.2.5.	Ley orgánica de recursos hídricos, usos y aprovechamiento del agua .....	26
VII.	METODOLOGÍA.....	27
7.1.	UBICACIÓN GEOGRÁFICA.....	27
7.2.	MÉTODO.....	27
7.3.	TÉCNICAS .....	27

7.4. POBLACIÓN Y MUESTRA .....	27
7.5. PROCEDIMIENTO .....	29
7.5.1. Revisión bibliográfica .....	29
7.5.2. Fase analítica .....	30
a) Determinación de áreas susceptibles a inundaciones .....	30
- Obtención del mapa de pendiente .....	30
- Obtención del mapa de permeabilidad .....	31
- Obtención del mapa de procesos degradativos .....	31
- Obtención del mapa litológico .....	32
- Obtención del mapa de depósitos cuaternarios .....	32
- Generación del mapa de áreas susceptibles a inundaciones .....	33
b) Determinación de la vulnerabilidad .....	33
- Cartografía de vulnerabilidad física .....	34
- Cartografía de vulnerabilidad social .....	34
- Cartografía de vulnerabilidad ecológica .....	35
- Cartografía de vulnerabilidad económica .....	36
c) Generación de medidas de adaptación .....	36
- Identificación de necesidades de adaptación .....	36
- Identificación de las opciones de adaptación .....	37
- Evaluación de las opciones de adaptación .....	37
7.5.3. Fase de previsión .....	37
a) Cálculo de periodos de retorno .....	38
b) Cálculo de intervalo de confianza .....	39
c) Producción de cartografía .....	40
VIII. DESCRIPCIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS .....	41
8.1. LAS INUNDACIONES .....	41
8.2. LA VULNERABILIDAD .....	46
8.2.1. Vulnerabilidad física .....	46
8.2.2. Vulnerabilidad social .....	47
8.2.3. Vulnerabilidad ecológica .....	48
8.2.4. Vulnerabilidad económica .....	49
8.3. LOS PERIODOS DE RETORNO .....	50
8.4. MEDIDAS DE ADAPTACIÓN .....	52
IX. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	57
9.1. CONCLUSIONES .....	57
9.2. RECOMENDACIONES .....	57

X. BIBLIOGRAFÍA.....	58
XI. ANEXO .....	66

## ÍNDICE DE TABLAS

1. Clasificación de las lluvias según su intensidad en 24 h .....	12
2. Puntajes según el parámetro de pendiente .....	14
3. Puntajes según el parámetro de permeabilidad de los suelos .....	15
4. Puntajes según los procesos degradativos en los suelos .....	16
5. Caracterización de rocas acorde a su coeficiente de filtración .....	16
6. Puntajes según el origen de los depósitos cuaternarios .....	17
7. Parámetros utilizados en la fórmula .....	28
8. Valores de pendiente adaptados al área de estudio .....	31
9. Valores de permeabilidad de los suelos adaptados al área de estudio .....	31
10. Valores de los procesos degradativos adaptados al área de estudio .....	32
11. Valores del tipo de rocas adaptados al área de estudio .....	32
12. Valores del tipo de depósito adaptados al área de estudio .....	33
13. Indicadores considerados en el cálculo de la vulnerabilidad física .....	34
14. Indicadores considerados en el cálculo de la vulnerabilidad social .....	35
15. Indicadores considerados en el cálculo de la vulnerabilidad ecológica .....	35
16. Indicadores considerados en el cálculo de la vulnerabilidad económica .....	36
17. Matriz de generación de estrategias .....	36
18. Estaciones meteorológicas consideradas en el estudio .....	37
19. Registro pluviométrico del periodo 1970-2010 .....	38
20. Áreas y porcentajes por rangos de pendiente .....	41
21. Áreas y porcentajes por depósito cuaternario .....	41
22. Áreas y porcentajes por taxonomía de suelo .....	42
23. Áreas y porcentajes por tipo de roca .....	42
24. Áreas y porcentaje de suelos con procesos degradativos .....	43
25. Principales poblados de la parroquia Santa Ana de Vuelta Larga con sus respectivas condiciones biofísicas .....	44
26. Precipitaciones máximas mensuales superiores a la media durante la época lluviosa .....	50
27. Precipitaciones máximas (mm) en 24 horas para los distintos periodos de retorno con su límite inferior y superior .....	51
28. Medidas de adaptación .....	54

## RESUMEN

El Ecuador es un país vulnerable al cambio climático debido a su geografía, geomorfología, oceanografía y climatología; lo cual ha generado incrementos en la temperatura media, las precipitaciones anuales y la frecuencia e intensidad de eventos extremos como sequías e inundaciones. Este último, asociado al fenómeno “El Niño”, afecta a la región Litoral, siendo la parroquia Santa Ana de Vuelta Larga una de las más afectadas en términos físicos y económicos. Por ello, este análisis se enfocó en: generar medidas de manejo para disminuir la vulnerabilidad; determinar las zonas susceptibles a inundaciones a través de los sistemas de información geográfica; evaluar la vulnerabilidad física, social, económica y ecológica; y, calcular la precipitación máxima para distintos periodos de retorno. De este modo, los resultados arrojaron que el 10,79% del territorio en estudio es muy susceptible a inundaciones y que su vulnerabilidad total es del 55%, influyendo más el aspecto social por la falta de preparación en la población. El cálculo de periodos de retorno indicó que la parroquia recibirá 150 mm de precipitaciones dentro de 100 años, pero debido a su baja altitud, las precipitaciones superiores a 200 mm de la cuenca alta drenarían hacia esta zona. Finalmente, las principales medidas de adaptación se centran en la construcción de diques naturales y desazolve del río para contrarrestar la vulnerabilidad física; mientras que, la social, económica y ecológica podría reducirse con capacitaciones de prevención de riesgo, emprendimiento y concientización ambiental, respectivamente, a más de la implementación de un plan de reordenamiento territorial.

## SUMMARY

Ecuador is a country vulnerable to climate change for its geography, geomorphology, oceanography and climatology, which has generated increases in average temperature, annual precipitations and the frequency and intensity of extreme events such as droughts and floods. This last one, associated with the "El Niño Southern Oscillation" commonly called ENSO, affects the Coastal region, being "Santa Ana de Vuelta Larga" town one of the most affected in physical and economics human terms. Therefore, this study was focused on: generate adaptation measures to reduce vulnerability; determinate the susceptible areas to flooding through geographic information system; assess the physical, social, economic and ecological vulnerability; and, calculate the rainfall intensity for different return periods. In this way, the results showed that 10,79% of the studied territory is very susceptible to flooding and its total vulnerability was 55%, mainly influenced for the social aspect due to the lack of preparation by the population. The calculation of return periods indicated that the parish would receive 150 mm of rainfall within 100 years, but due to its low altitude, precipitation above 200 mm from the upper basin would drain into this area. Finally, the main adaptation measures are focus on the construction of natural dikes and the rive dredging to counteract physical vulnerability while the social, economic and ecological vulnerability could be reduced with training in risk prevention, entrepreneurship and environmental awareness, respectively, in addition to the implementation of a territorial reorganization plan.

# I. INTRODUCCIÓN

El concepto de vulnerabilidad ha sido explorado por diversas ciencias como la antropología, sociología, ecología, geología e ingeniería, con base en dos elementos comunes: la amenaza, sea natural o antrópica; y, la unidad de análisis, que puede ser individual o grupal (Ruiz, 2012).

Una de las principales definiciones es del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático o IPCC (2014), quienes la describen como “la predisposición a ser afectados negativamente, debido a la susceptibilidad al daño y la falta de capacidad de respuesta y adaptación”.

En España, el Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente (2014) establece que existen pruebas sustanciales de la sensibilidad en la población a cambios climáticos, principalmente a inundaciones, aumentando su vulnerabilidad y exposición a impactos negativos que afectan la economía, los ecosistemas y la salud de las personas.

En Ecuador, la vulnerabilidad al cambio climático se debe a las condiciones geográficas, geomorfológicas, oceanográficas, climáticas y humanas que presenta (Jiménez *et al.*, 2012). Por ejemplo, el Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (INAMHI) dio a conocer que, entre 1960 y 2006, el país ha registrado un incremento tanto en la temperatura promedio anual como en la intensidad y frecuencia de eventos extremos (sequías e inundaciones) (MAE, 2011).

Incluso, según Willingshofer (2016), en el boletín “Estrategias de adaptación al cambio climático basadas en ecosistemas en Colombia y Ecuador” se expresa que “la región Litoral es una de las zonas más vulnerables dentro del territorio nacional”; esto se debe al ascenso de 3,3°C en la temperatura media (Jiménez *et al.*, 2012) y a la tendencia al incremento de precipitaciones en un 33% durante el periodo 1960-2006 (MAE, 2011).

Asimismo, el 30% de la población costeña, perteneciente a las provincias de El Oro, Guayas, Santa Elena y Manabí, se encuentra sujeta a inundaciones periódicas generadas por el taponamiento del drenaje y “El Niño” (MAE, 2015).

Siendo este último un fenómeno climático también causante de deslaves y que en 1997-1998 registró su mayor intensidad (Capel, 1998), afectando principalmente a Manabí por las 133 muertes, 16 mil personas damnificadas, 4337 unidades habitacionales destruidas y 480 mil personas con cultivos perdidos (El Diario, 2015).

Dentro de la provincia de Manabí, en el cantón Santa Ana se encuentra la parroquia Santa Ana de Vuelta Larga que, con altitudes de 50 a 400 msnm, precipitaciones anuales de 500 a 1200 mm, una temperatura promedio anual de 26°C y la presencia del río Portoviejo, constituye una de las áreas más susceptibles a inundaciones (GAD de Santa Ana, 2015).

Los mayores episodios lluviosos presentados en la parroquia Santa Ana de Vuelta Larga, a más del fenómeno “El Niño” del 1997-1998 que cobró la vida de 30 personas en esta parroquia (El Diario, 2015), son del 12 de marzo del 2012 que provocó una lámina de agua de al menos un metro de altura en la zona central (La Hora, 2012); del 10 de abril del 2016, cuando la cota del embalse Poza Honda superó los 107,17 msnm (El Diario, 2016) y afectó al menos a 40 comunidades por la inundación de sus casas o sembríos de maíz, maní, naranja, entre otros (Diario Expreso, 2016); y, del 8 de abril del 2017.

El último evento señalado, causó que en dicha parroquia se vieran afectadas aproximadamente 1500 familias de las 2500 perjudicadas a nivel provincial (La República, 2017). Según Torres (2017), Secretario del Centro de Operaciones de Emergencias (COE) en Santa Ana, la causa recae en la alimentación del río Portoviejo por parte de 17 esteros que convergieron en el sitio “Las Piedras” y en la acumulación de palizada en el acueducto situado transversalmente en el río.

Cabe recalcar que las inundaciones, ya sean de mayor o menor impacto, siempre han afectado a la parroquia en mención. Por tal motivo, es necesario un estudio que analice la vulnerabilidad de la parroquia Santa Ana de Vuelta Larga, constituyendo así un elemento esencial para el desarrollo y fortalecimiento de planes de contingencia o planes de reordenamiento territorial, donde se establezcan las medidas adaptativas para enfrentar estos eventos extremos.

## II. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

### 2.1. CONTEXTUALIZACIÓN

#### 2.1.1. Contexto macro

Según Correa-Macana y Comim (2013) el cambio climático ha afectado los sistemas biofísicos debido al aumento de la temperatura media de la superficie terrestre y del nivel medio del mar a través del derretimiento de los glaciares; así mismo, este calentamiento global puede influir en fenómenos naturales como “El Niño” y “La Niña” haciendo que aumenten la frecuencia e intensidad de eventos extremos (inundaciones y sequías respectivamente).

En México, el Centro Nacional de Prevención de Desastres o CENAPRED (2014) manifiesta que el agua es un recurso con muchos beneficios pero que también trae desventajas como las sequías e inundaciones, siendo estas últimas causadas e incrementadas por el acelerado desarrollo de las comunidades que afectan los ecosistemas locales; de esta forma se ha generado, tan sólo en México, una pérdida económica de 9600 millones de dólares y 10000 vidas humanas en el periodo de 1980 a 1999.

De acuerdo con Triviño y Ortiz (2004) las cuencas de drenaje deben ser objeto de estudio porque constituyen sistemas geomorfológicos con manifestaciones hidrológicas e hidráulicas como la escorrentía superficial que puede generar catástrofes y desastres naturales derivados de las inundaciones.

En este contexto, Noriega *et al.* (2011) manifiestan que las cuencas son vulnerables al deterioro causado por el clima, la erosión, la pobre cobertura vegetal y la presión antrópica y que la implementación de actividades ambientales, socioculturales y económicas pueden aumentar o reducir la vulnerabilidad frente a las inundaciones.

De esta manera, Torres (2015), quien realizó un estudio en la cuenca del río Polochic en Guatemala, expresa que “los efectos pueden ser devastadores y se manifiestan a través de la pérdida de vidas y daños a la infraestructura vial, zonas

residenciales y fincas, principalmente en las zonas aledañas al río o en las partes más bajas de un área geográfica”.

### **2.1.2. Contexto meso**

Ellis *et al.* (2012) dan a conocer en su investigación que los sistemas de información geográfica (SIG) son una herramienta tecnológica aplicada mundialmente en la planeación territorial, el manejo integrado de cuencas, la conservación de recursos naturales y la evaluación de desastres naturales haciendo énfasis en la gestión de riesgos relacionadas a inundaciones.

Por ello, Vera (2015), realizó un estudio de determinación de zonas de riesgo con el uso de SIG en Ecuador, donde recopiló datos históricos que demuestran que el 55% de las amenazas son de origen natural, siendo las inundaciones y los deslizamientos los más recurrentes; este estudio consideró las amenazas naturales y antrópicas acontecidas desde 1990 hasta el 2013, determinando que las inundaciones son las principales causantes de impactos económicos (por más de 1 millón de dólares perdidos entre 2008-2013) y sociales (por las 307 muertes y 700000 personas afectadas entre 1982-2013).

Así mismo, la Secretaría Nacional de Gestión de Riesgo o SNGR (2016), a través de su base de datos da a conocer que, desde el 2010 hasta el 2016, se han registrado 2002 inundaciones en todo el territorio ecuatoriano, generando: 191205 personas afectadas, 22 muertes, 7239 damnificados, 28035 viviendas afectadas y 756 destruidas, 329 centros educativos afectados, 14678,79 hectáreas de cultivos afectados y 11333,77 hectáreas de cultivos perdidos.

Por otro lado, Iwama *et al.* (2016), expresan que la vulnerabilidad está sujeta a las amenazas (como las inundaciones) y que puede ser evaluada en dos aspectos: los biofísicos, que afectan a la población que vive en condiciones precarias; y, socioeconómicos, que determinan la capacidad de respuestas al fenómeno, lo cual podría estar limitado por la percepción y conocimiento de la población sobre el riesgo en estudio.

De este modo, Hermenejildo (2015) manifiesta que a nivel nacional el fenómeno “El Niño” del 1997-1998 afectó principalmente a las personas de clase social

media-baja debido al desconocimiento de planes de gestión de riesgo que conllevó a la construcción e inadecuada ubicación de viviendas o invasiones en zonas de alto riesgo de inundación.

Colmenares (2011), también enuncia que la indiscriminada deforestación en la cuenca ocasiona que las precipitaciones no sean retenidas de forma adecuada ya que la cobertura vegetal amortigua el proceso de drenaje hacia la cuenca baja y evita el arrastre de sedimentos que influyen en el taponamiento del drenaje y azolvado de ríos.

No obstante, el Centro para la Investigación Forestal Internacional o CIFOR (2013) considera a los bosques como esponjas gigantes, los cuales absorben la lluvia durante las estaciones húmedas y la liberan poco a poco en tiempos de sequías, por ello establecen que mantener la vegetación natural en las cuencas y zonas ribereñas reducen las inundaciones repentinas y los picos de inundaciones debido al bloqueo del agua con los troncos de los árboles, las ramas y otros residuos forestales.

Finalmente, Beijo *et al.* (2005) quienes a más de manifestar que las precipitaciones máximas pueden generar erosión del suelo, inundaciones en áreas rurales, urbanas, infraestructuras, entre otros; también señalan que el conocimiento de las precipitaciones máximas en 24 horas para distintos periodos de retorno es importante en la implementación de proyecto de infraestructuras, ya que permiten saber los caudales o precipitaciones máximas que pueden ocurrir en determinado tiempo y espacio.

### **2.1.3. Contexto micro**

Nolivos y Santos (2009), analizaron los eventos de “El Niño” ocurridos en 1991-1992 y 1997-1998, determinando la existencia de severos estragos en la economía del Ecuador, donde el sector agrícola fue uno de los más afectados en provincias como Manabí, debido a precipitaciones extremas que generaron la pérdida de cultivos de ciclo corto como el maíz duro y el arroz.

Andrade y Zambrano (2006), establecieron bases a través de su estudio realizado en el cantón Chone, determinando que la población asentada en las

riberas suele realizar actividades relacionadas a la agricultura y ganadería y que, al ser una zona afectada constantemente por precipitaciones, es indispensable un estudio de la vulnerabilidad ante las inundaciones donde se prediga las afecciones y daños que podrían generarse por este tipo de eventos hidrometeorológicos.

Por otro lado, Mendoza y Mastarreno (2007), determinaron que en la cuenca del río Portoviejo el fenómeno climatológico “El Niño” ha causado varios estragos a la población aledaña al río, por medio de deslizamientos de tierra, inundaciones y sedimentación del suelo agrícola, a más de destrucción total o parcial de la infraestructura vial, de riego, cultivo y viviendas. Estos autores también señalan que la principal actividad de los habitantes del valle del río es la agricultura y el comercio pero que su potencialidad se ve reducida debido a la dificultad y escasas fuentes de recuperación económica después de una inundación.

Así mismo, el Ministerio de Ambiente del Ecuador o MAE (2009), estudió la vulnerabilidad a riesgos climáticos en la cuenca del río Portoviejo, en donde se registra que el 21,8% del sector hídrico se encuentra expuesto a los eventos extremos que causan impactos negativos en los factores físicos y sociales.

Finalmente, según la SNGR (2016), a nivel cantonal, en Santa Ana se generaron 1486 personas afectadas, 194 viviendas afectadas, 1 destruida y 810 metros de vía dañada por inundaciones ocurridas en el periodo 2010-2016.

## **2.2. ANÁLISIS CRÍTICO**

Las inundaciones en el mundo se presentan de diferentes maneras, dependiendo del grado de magnitud de la amenaza y de la vulnerabilidad de la población. Hoy en día, muchas de las ciudades del Ecuador han sido afectadas por este tipo de desastres, en donde la vulnerabilidad aparece como principal determinante de los daños que sufren las comunidades.

Los principales efectos producidos por las inundaciones se concentran en las destrucciones materiales, pérdidas económicas, déficit en el transporte, movilidad, comercio y, por último, en los graves problemas de salud que no

suelen desaparecer con el descenso de las aguas, sino que se prolongan y empiezan las verdaderas consecuencias sanitarias y epidemiológicas.

En ciertas ocasiones ocupantes de los hogares quedan en la intemperie y deben albergarse en centros de emergencia; lo cual genera costos a la entidad municipal por la preparación y equipamiento de instituciones que puedan albergar a las personas afectadas.

En las últimas décadas, la vulnerabilidad ante inundaciones ha aumentado como consecuencia de una expansión urbana rápida y desordenada, sumándole los cambios producidos por el clima que han presentado precipitaciones extremas en periodos de tiempo muy cortos, lo cual genera grandes cantidades de agua que no pueden ser evacuadas por los sistemas de drenaje.

Debido a la falta de conocimiento, se siguen invadiendo áreas susceptibles a inundaciones, en donde las poblaciones afectadas son en general las de menor recurso económico. Lo anterior, combinado con prácticas inadecuadas de uso y manejo de los recursos naturales, exceden la capacidad de carga de los ecosistemas y producen un deterioro del medio biofísico, haciendo muy vulnerable a estos espacios territoriales o unidades geofísicas y a quienes las habitan.

Entonces una de las partes más importantes para el manejo de amenazas es el análisis de la vulnerabilidad, puesto que permite detectar las áreas susceptibles a los daños y el grado de afectación al que se encuentra expuesta la población, de igual forma ayuda a diagnosticar la calidad de vida de la población en áreas localizadas. De allí la importancia de estudio para comprender la percepción de la población sobre el riesgo.

Así mismo, al identificar los componentes más vulnerables de un área se puede generar un plan de medidas de prevención y mitigación, que establezca las recomendaciones para una adecuada preparación en la organización, operación y mantenimiento de la emergencia e implementar políticas públicas ambientales y sociales.

## **2.3. DELIMITACIÓN**

### **2.3.1. Espacial**

El espacio geográfico en estudio fue la parroquia Santa Ana de Vuelta Larga perteneciente al cantón Santa Ana, provincia de Manabí y país Ecuador, con coordenadas (UTM) 569989mE y 9866593mS de la zona 17S (Anexo 1).

### **2.3.2. Temporal**

Las fases bibliográficas, analíticas y de previsión comprendieron los meses de febrero, marzo y abril, respectivamente, del 2017.

Cabe recalcar que en la fase de previsión se consideraron los datos pluviométricos existente durante el periodo 1970-2015, para realizar la predicción de precipitaciones máximas hasta el 2040.

## **2.4. JUSTIFICACIÓN**

Las inundaciones son una de las principales problemáticas que afectan a algunas áreas geográficas de la provincia de Manabí como ocurre en la parroquia Santa Ana de Vuelta Larga que ha sufrido una serie de inundaciones, de mayor o menor impacto, a lo largo de los años.

En términos geográficos, esta parroquia al igual que Ayacucho y Honorato Vásquez, forma parte de la cuenca del río Portoviejo, que en la zona más alta posee una de las reservas de agua dulce más estratégica para el consumo humano y las actividades productivas de la parroquia, el cantón y la provincia.

Sin embargo, la existencia de casas, cultivos, áreas ganaderas y locales comerciales cercanos al río Portoviejo o en depresiones, podrían ser afectadas por el desbordamiento del cuerpo hídrico en mención y generar pérdidas económicas, de infraestructura e incluso de vida humanas. Así mismo, como mencionan Quispe y Sullca (2015), se podrían generar alteraciones en la dinámica del ecosistema y aparición de plagas asociadas a enfermedades.

Por tal motivo, debido a la inexistencia de estudios que determinen los grados de vulnerabilidad biofísica y socioeconómica de la parroquia, es poca o casi nula

la prevención ante este tipo de catástrofes; por ello, un análisis del área en estudio permitirá conocer las áreas susceptibles a inundaciones y los componentes más vulnerables, obteniendo así una base bibliográfica para generar propuestas de adaptación que se apliquen en la ciudadanía y en la entidad municipal.

Así mismo, el estudio influiría en el desarrollo y fortalecimiento de planes de contingencia o planes de reordenamiento territorial, ya que mediante los SIG se lograrían determinar las áreas susceptibles a inundaciones y a través del cálculo de los periodos de retorno, se crearía una base cartográfica que puede ser utilizada en futuros proyectos de ingeniería civil o ambiental para establecer las posibles áreas de inundaciones en determinada cantidad de años.

### **III. OBJETIVOS**

#### **Objetivo general**

Generar medidas de manejo para disminuir la vulnerabilidad y aumentar la resiliencia en la parroquia Santa Ana de Vuelta Larga, cantón Santa Ana, provincia de Manabí.

#### **Objetivos específicos**

- Determinar el área susceptible a inundaciones en la parroquia Santa Ana de Vuelta Larga.
- Evaluar la vulnerabilidad física, social, económica y ecológica que presenta el área de estudio.
- Calcular periodos de retorno de precipitación máxima en 24 horas dentro de 5, 10, 15, 20 y 25 años.

### **IV. HIPÓTESIS**

El área vulnerable a inundaciones de la parroquia Santa Ana de Vuelta Larga está relacionada a los factores biofísicos presentes.

### **V. VARIABLES**

#### **5.1. VARIABLE DEPENDIENTE**

La vulnerabilidad a las inundaciones.

#### **5.2. VARIABLE INDEPENDIENTE**

Las condiciones biofísicas.

## **VI. MARCO TEÓRICO REFERENCIAL**

### **6.1. MARCO TEÓRICO**

#### **6.1.1. Sistema de información geográfica**

Los Sistemas de Información Geográfica (SIGs) son definidos como el conjunto de herramientas que permiten almacenar, manipular y analizar datos espaciales para la producción de cartografías temáticas sobre un determinado terreno (INEGI, 2014).

Estos datos espaciales, al igual que las cartografías, pueden estar en los formatos: vectorial, que representa la ubicación espacial de objetos a través de puntos, líneas y polígonos; y, ráster, cuya representación es realizada mediante pixeles que suelen tener un color y/o valor relacionado al objeto en estudio.

A nivel mundial, los SIG son utilizados con fines político-administrativos e investigativos en el campo de: la agricultura de precisión (Lizarazo y Alfonso, 2011), los estudios climáticos (Thielen *et al.*, 2016), la gestión ambiental (Montoya *et al.*, 2004; Rodríguez, 2007; Mancebo *et al.*, 2008), los planes de ordenamiento territorial (Castellanos-Barrero, 2010; Gutiérrez y Urrego, 2011), la gestión de riesgos (Thomas, 2013; Mendoza y Orozco, 2014), entre otros.

En sí, los SIG ofrecen una amplia gama de procedimientos para llevar la información disponible a formato digital y lograr la producción de cartografías temáticas (Montecelos *et al.*, 2011).

#### **6.1.2. El fenómeno de las inundaciones**

Las inundaciones se producen cuando las lluvias intensas o continuas sobrepasan la capacidad máxima de transporte del río o arroyo y su cauce se desborda e inunda los terrenos adyacentes (Quispe y Sullca, 2015). Así mismo, la CENAPRED (2014) manifiesta que, a más de las precipitaciones, el oleaje o la falla de infraestructuras hidráulicas también podrían influir en el incremento del nivel de agua de un río o del mar y afectar a la ganadería, la agricultura, las obras civiles y la población.

Por este motivo, en localidades que constantemente se ven afectadas por inundaciones como Presidente Prudente (Hartmann *et al.*, 2011) y Lavras (Beijo *et al.*, 2005) en Brasil, Tamaulipas en México (Gutiérrez *et al.*, 2011), George en Sudáfrica (Mélce y Reason, 2007) y en todo el territorio de Chile continental (Ávila y Martín, 2013), se han desarrollado estudios donde se calcula la intensidad de las precipitaciones máximas para distintos periodos de retorno.

Según un fascículo publicado por la CENAPRED (2014), estas precipitaciones máximas tienen una clasificación acorde a su intensidad (Tabla 1) y las inundaciones acorde a su duración y origen.

**Tabla 1.** Clasificación de las lluvias según su intensidad en 24 h

<b>Clasificación</b>	<b>Intensidad</b>
Lluvia intensa	> 70 mm
Lluvia muy fuerte	50 - 70 mm
Lluvia fuerte	20 - 50 mm
Lluvia moderada	10 - 20 mm
Lluvia ligera	5 - 10 mm
Lluvia escasa	< 5 mm

a) Según su duración

- Inundaciones lentas

Ocurren principalmente cuando existen lluvias constantes que saturan totalmente el suelo. De esta forma, las zonas con baja pendiente o cercanas a una sección transversal muy angosta del río, se verían afectadas por la persistencia de lluvias o el ligero desbordamiento del río, ya que las aguas drenadas se acumularán en las zonas más bajas del terreno y permanecerán horas o días.

- Inundaciones rápidas

Son el resultado de lluvias repentinas e intensas que afectan áreas con suelos con condiciones impermeables, siendo las zonas urbanas donde se presentan con mayor frecuencia debido al sellado de suelo generado por las infraestructuras.

b) Según su origen

- Inundaciones pluviales

Son aquellas provocadas netamente por intensas precipitaciones y saturación del suelo. Su principal característica es que el agua acumulada es la precipitada sobre esa zona y no agua drenada de la cuenca alta. De acuerdo a la latitud, pueden producirse por ciclones tropicales, lluvias orografía, lluvias invernales o lluvias convectivas.

- Inundaciones fluviales

A diferencia de las pluviales, estas se caracterizan por el desbordamiento del cauce de un río, causando inundación en el terreno adyacente. En este tipo de inundaciones, sí influyen las precipitaciones generadas en la cuenca alta.

- Inundaciones costeras

Se presentan por el aumento del nivel del mar ocasionado por ciclones o tsunamis.

- Inundaciones por falla de infraestructuras hidráulicas

Este tipo de inundación es la menos frecuente pero la que mayor impacto puede tener. Suelen ocurrir debido a fallas relacionadas con infraestructuras hidráulicas existentes en el curso del río, los principales factores que influyen en ella son un diseño escaso, la mala operación y la falta de mantenimiento.

### **6.1.3. Las zonas susceptibles a la inundación**

La susceptibilidad es definida por Soldano (2009) como “la mayor o menor predisposición de que un evento suceda u ocurra sobre determinado espacio geográfico”.

A través del uso de los SIG, Montecelos *et al.* (2011) y Pedroso *et al.* (2014) proponen una metodología para determinar las áreas susceptibles a inundación con base en el análisis cartográfico de algunas variables, teniendo como principales: la pendiente, la permeabilidad de suelos, los procesos degradativos, la litología y los depósitos cuaternarios.

#### a) Pendiente

La pendiente de un punto es definida por Felicísimo (2014) como “el ángulo existente entre el vector normal a la superficie en ese punto y la vertical”; esto hace de ello un factor a considerar en la determinación de áreas susceptibles a inundación debido a que los procesos de escurrimiento del agua dependen del ángulo de inclinación que posea el terreno (Olivera *et al.*, 2011).

Por tal motivo, es la principal variable establecida por Montecelos *et al.* (2011), quienes con base en su conocimiento jerarquizan los rangos de pendientes y atribuyen los valores más alto para las pendientes menores y los más bajo para pendientes mayores (Tabla 2).

**Tabla 2.** Puntajes según el parámetro de pendiente

<b>Pendiente (°)</b>	<b>Valor</b>
0 – 2,5	4
2,5 – 5	3
5 – 7,5	2
7,5 – 89	1

#### b) Permeabilidad

La permeabilidad es la capacidad que tiene un cuerpo para permitir el paso de un fluido, líquido o gas, a través del mismo (Borfitz y Bosch, 2008). Angelone *et al.* (2006) expresan que un cuerpo es permeable cuando contiene vacíos continuos y que todas las texturas de suelos los poseen, incluso los de arcillas más compactas.

Según Loyola *et al.* (2014), la continuidad de estos vacíos, a más de variar por clases de texturas, puede verse afectada por la presencia de materia orgánica, actividad microbiológicas y labranza de suelo. Así mismo, estos autores manifiestan que, mientras el agua conserva cambios en la tensión de contacto, junto a materiales finos puede llegar a tener conductas pseudoplásticas, lo que convierte a la permeabilidad en una de las variables de los métodos de análisis de peligrosidad por inundación.

Por ello y al igual que la variable anterior, esta variable es considerada y jerarquizada por Montecelos *et al.* (2011) con base a su taxonomía, otorgando mayor puntaje a suelos impermeables como los vertisoles, debido a su alto contenido de arcilla, y menor puntaje a suelos permeables como los histosoles, debido a su alto contenido de materia orgánica (Tabla 3).

**Tabla 3.** Puntajes según el parámetro de permeabilidad de los suelos

<b>Tipo de suelo</b>	<b>Valor</b>
Vertisol	1,7
Hidromórfico	1,5
Fluvisol	1
Histosol	0,8
Otros suelos	0,2

#### c) Procesos degradativos

El Instituto de Estudios Catalanes (2010) considera a la degradación del suelo como “una pérdida de utilidad actual o potencial del suelo y una disminución de sus funciones”, mientras que López (2002) define a los procesos de degradación como los fenómenos dinámicos causantes de la disminución de la calidad de los suelos, clasificándolos en dos grandes categorías:

Procesos que provocan el desplazamiento del material del suelo, a través del agua y el viento, causando pérdida del material y deforestación vegetal in situ y efectos a largas distancias como la sedimentación, inundaciones, entre otros; y, procesos que causan el deterioro de las cualidades del suelo in situ y pueden ser de naturaleza química (pérdida de la materia orgánica), física (sellado, compactación) y biológica (desbalance de la actividad biológica).

En este contexto, los procesos degradativos son jerarquizados por Montecelos *et al.* (2011) de acuerdo al criterio de experto (Tabla 4), en donde los problemas de drenaje e hidromorfía tienen un valor superior a los problemas de compactación.

**Tabla 4.** Puntajes según los procesos degradativos en los suelos

<b>Proceso degradativo</b>	<b>Valor</b>
Problemas de drenaje	1,2
Hidromorfía	1,2
Compactación	0,5

d) Litología

Olivera *et al.* (2011) definen la litología como la parte de la geología que estudia a las rocas, especialmente su tamaño, composición, textura, distribución espacial y características fisicoquímicas. En este caso, Pedroso *et al.* (2014) son quienes realizan la clasificación de rocas acorde al coeficiente de filtración (Tabla 5), otorgándole menor valor a las permeables como el basalto y la caliza y mayor valor a rocas impermeables como las dioritas.

**Tabla 5.** Caracterización de rocas acorde a su coeficiente de filtración

<b>Tipos de rocas</b>	<b>Valor</b>
Dioritas	1,8
Arcillas, limos y gravas	1,5
Conglomerados	1,0
Areniscas polímicíticas	0,7
Tobas	0,5
Calizas órgano-detriticas	0,3
Basalto	0,2

e) Depósitos cuaternarios

Según el GAD de La Paz (2015) son “materiales constituidos por una serie de depósitos de origen eólico, volcánico sub-aéreo, deluvial, coluvial y aluvial”, que se depositaron sobre la época del Holoceno perteneciente al periodo Cuaternario de la era Cenozoica. Este último criterio, es utilizado por Pedroso *et al.* (2014) quienes asignan mayor valor a los depósitos aluviales ya que forman parte de antiguas llanuras de inundación (Tabla 6).

**Tabla 6.** Puntajes según el origen de los depósitos cuaternarios

<b>Depósitos</b>	<b>Valor</b>
Aluviales	1,0
Palustres y lacustres	0,8

#### **6.1.4. La vulnerabilidad**

La vulnerabilidad es “la predisposición a ser afectados negativamente, debido a la susceptibilidad al daño y la falta de capacidad de respuesta y adaptación” (IPCC, 2014). Así mismo, Chardon y González (2002), la definen como “la probabilidad de que, debido a la intensidad del evento y a la fragilidad de los elementos expuestos, ocurran daños en la economía, la vida humana y el ambiente de una comunidad”.

Dentro del cálculo de la vulnerabilidad, el aspecto físico, social, económico y ecológico son más relevantes a ser estudiados (Pedroso *et al.*, 2014).

##### a) Vulnerabilidad física

Hernández *et al.* (2016) describen a la vulnerabilidad física como “la afectación que sufrirá un activo determinado frente a una amenaza dada”. Por otro lado, Zubieta *et al.* (2012) mencionan que esta depende principalmente de las condiciones de localización de los asentamientos humanos (fallas geológicas, laderas de los cerros, riberas del río, etc.) y de los déficits de sus estructuras físicas para enfrentar los efectos del riesgo (material de construcción de las viviendas, establecimientos económicos y de servicios).

Así mismo, Álvarez (2012) menciona como variables a considerar para la determinación de la vulnerabilidad física las condiciones de infraestructura, su ubicación física y materiales precarios u obsoletos de la vivienda. Otros investigadores, como Foschiatti (2012), manifiestan que esta vulnerabilidad se debe a la pobreza y falta de organización en la ubicación de la población en lugares de menor riesgo.

## b) Vulnerabilidad social

La vulnerabilidad social puede ser definida como la falta de organización en la sociedad para el acceso al saneamiento ambiental, la nutrición infantil y los servicios básicos, lo cual limita su capacidad de prevenir, mitigar o responder frente a los desastres (Foschiatti, 2012). Así mismo, Flores *et al.* (2006) la catalogan como “una serie de factores económicos, sociales y culturales que determinan el grado en el que un grupo social está capacitado para la atención de la emergencia, su rehabilitación y recuperación frente a un desastre”.

A diferencia de la vulnerabilidad física, la vulnerabilidad social se compone por condiciones basadas en el estatus socio-económico de las personas que sufren la exposición (UDAPE, 2015).

Pedroso *et al.* (2014), a través de su metodología de cálculo de vulnerabilidades, establece que la parte social puede ser evaluada teniendo en consideración: la afectación a la población, la percepción del peligro en la población, la preparación de la población y de los decisores, la presencia de barrios insalubres y la presencia de desechos sólidos.

## c) Vulnerabilidad ecológica

Según Álvarez (2012), este tipo de vulnerabilidad se enfoca en la utilización o mal aprovechamiento de los recursos naturales, lo cual debilita la capacidad de los ecosistemas para no verse afectada por las amenazas naturales. El mismo autor señala que las prácticas agrícolas, pecuarias e industriales, el uso y dependencia de agroquímicos en la producción, y las zonas deforestadas son elementos claves para determinar la vulnerabilidad ecológica de una zona geográfica.

Sin embargo, Pedroso *et al.* (2014) consideran el estudio de los ecosistemas frágiles y la cobertura vegetal como los principales indicadores para determinar esta vulnerabilidad.

#### d) Vulnerabilidad económica

Álvarez (2012) describe a la vulnerabilidad económica como “la ausencia de recursos económicos y/o mala utilización de los recursos disponibles”

Así mismo, los bajos salarios en los empleos formales y los pocos ingresos que se generan con las actividades informales o de cuenta propia, provocan que muchas familias no tengan acceso a una adecuada alimentación, educación, salud y vivienda, con lo cual se generan más factores de vulnerabilidad social y física (Foschiatti, 2012).

En este contexto, Pedroso *et al.* (2014) consideran que el cálculo de la vulnerabilidad económica posee cinco indicadores: el nivel de ejecución del presupuesto de reducción, las zonas industriales en áreas de riesgo, contabilizado el costo de la respuesta, cantidad de áreas cultivadas en zona de riesgo y cantidad de animales en la zona de riesgo.

#### 6.1.5. Los periodos de retorno

El periodo de retorno es definido por Mélice y Reason (2007) como una medida estadística del intervalo de tiempo, expresado en años, en la que es probable que ocurra un evento de lluvia de cierta magnitud. Así mismo, el conocimiento de estos datos son de gran importancia en la conservación de suelos, construcción de obras hidráulicas, gestión de recursos hídricos y actividades de defensa civil (Beijo *et al.*, 2005; Hartmann *et al.*, 2011).

Para el cálculo de este parámetro, Ávila y Martín (2013) desarrollaron un análisis estadístico de los eventos extremos de precipitación en Chile, aplicando el método de Gumbel; el cual es el método más empleado para análisis de precipitaciones (Beijo *et al.*, 2005; Gutiérrez *et al.*, 2011; Hartmann *et al.*, 2011).

Según Ávila y Martín (2013), este análisis estadístico se realiza a través del siguiente proceso:

Establecer los diferentes periodos de retorno ( $Y$ ) que son fundamentales para el cálculo de la Variable reducida ( $YT$ ) a través de la siguiente fórmula:

$$YT = \ln \left( \ln \left( \frac{Y}{Y-1} \right) \right)$$

La probabilidad de ocurrencia ( $F(xT)$ ) se obtiene así:

$$F(xT) = e^{-e^{-\left(\frac{xT-u}{\alpha}\right)}}$$

En donde:

$xT$  = Precipitaciones (mm).

$u$  = Moda de distribución.

$\alpha$  = Parámetro de escala.

Para el cálculo del  $\alpha$  (parámetro de escala) se aplica la ecuación:

$$\alpha = \frac{\sqrt{6}}{\pi} * S$$

Y, la  $S$  (Desviación típica de la media) se calcula de la siguiente manera:

$$S = \sqrt{\frac{\sum(x_i - \bar{x})^2}{n - 1}}$$

En donde:

$x_i$  = Precipitaciones anuales

$\bar{x}$  = Media de precipitaciones anuales

$n$  = Cantidad de años

La obtención de la  $\bar{x}$  (media de precipitaciones anuales), se obtiene del coeficiente entre las sumatorias de las  $x_i$  (máxima precipitación anual en 24 horas) y la  $n$  (cantidad de años).

$$\bar{x} = \frac{\sum x_i}{n}$$

Por otro lado, el cálculo de la  $u$  (moda de distribución) se realiza entre el producto entre una constante por el  $\alpha$  (parámetro de escala) restado a la  $\bar{x}$  (media de precipitaciones anuales).

$$u = \bar{x} - 0,5772 * \alpha$$

En el cálculo de las precipitaciones ( $XT$ ) se toman en consideración la moda de distribución ( $u$ ) y el parámetro de escala ( $\alpha$ ) para obtener los resultados.

$$XT = u + (\alpha * YT)$$

Este último valor es multiplicado por la constante 1,13 para obtener la Corrección del Intervalo Fijo ( $XT'$ ) que es un ajuste de las precipitaciones a generarse en los diferentes periodos de retorno. Esto se logra a través de la siguiente ecuación:

$$XT' = XT * 1,13$$

#### **6.1.6. Estrategias de mitigación**

El BID *et al.* (2015) comentan que la mitigación y la adaptación son los principales mecanismos para reducir el riesgo asociados a cualquier tipo de evento, principalmente los relacionados al cambio climático. Así mismo, defienden que la adaptación es el ajuste de los sistemas naturales o humanos en respuesta a estímulos climáticos reales o esperados, o a sus efectos, para disminuir los efectos perjudiciales o aprovechar sus beneficios.

Por ello, el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente o PNUMA (2013), en su guía de evaluación de la vulnerabilidad, impactos y adaptación al cambio climático, describe algunas etapas para la identificación de estrategias de adaptación como la identificación de las necesidades de adaptación, opciones de adaptación y evaluación de las opciones, recalcando que el modelo no es lineal y puede refinarse mediante la interacción.

#### **6.1.7. Caracterización del área de estudio**

##### **a) Clima**

El clima del cantón Santa Ana es tropical seco con épocas secas y lluviosas bien diferenciadas y una temperatura promedio anual de 26°C, siendo la máxima absoluta de 37°C (GAD de Santa Ana, 2015). Con respecto a las precipitaciones, posee una media anual de 802,5 mm siendo los meses de época lluviosa (enero, febrero, marzo y abril) los de mayor intensidad con una media de 172 mm y desde julio a noviembre los de menor intensidad con una media de 4 mm (CLIRSEN y CGSIN, 2012).

#### b) Geomorfología

Las unidades ambientales presentes en el cantón Santa Ana fueron definidas considerando su génesis, los factores morfológicos, morfométricos, el tipo de roca, los depósitos superficiales, el clima y la vegetación; con base en ello, el cantón cuenta con dos unidades ambientales: relieves estructurales y colinados terciarios, que están formadas por rocas sedimentarias terciarias de las formaciones Tosagua, Onzole y Borbón; y, medio aluvial, formado por depósitos aluviales de arcillas y limos (CLIRSEN y MAGAP, 2012a).

#### c) Relieve

Al centro de la cuenca de Manabí, el relieve se ordena en franjas paralelas con orientación NNE-SSO. La Cordillera Costanera está rodeada por depresiones bajas con altitudes inferiores a 150-200 m, desarrolladas sobre arcillas y lutitas; sea en posición periférica (Jipijapa) o en el centro de un anticlinal erosionado (Chone-Portoviejo) ocupado por grandes valles aluviales. Estas depresiones en la zona de Santa Ana y sus alrededores, están limitadas por altos relieves monoclinales sobre conglomerados y areniscas localmente calcáreas, de edad Miocena, que culminan entre 500 y 700 metros (CLIRSEN y MAGAP, 2012b).

Su topografía se caracteriza por ser irregular en la zona alta y regular en la baja con valores que oscilan entre 50 hasta los 400 msnm, este grado de elevación determina las limitaciones para zonas de riego agrícolas e indican una mayor susceptibilidad de erosión (GAD de Santa Ana, 2015).

#### d) Suelo

Dentro del cantón, la parroquia Santa Ana de Vuelta Larga está constituida por los siguientes órdenes de suelos: inceptisoles, alfisoles, molisoles y entisoles, los cuales se pueden describir de la siguiente manera: los inceptisoles son suelos con débil desarrollo de horizontes y problemas de drenaje; los alfisoles son suelos jóvenes que han permanecido estables y libres de erosión; los molisoles poseen alto contenido de materia orgánica; los entisoles no poseen ningún desarrollo de perfiles; y, los vertisoles están caracterizados por alto contenido de arcillas expansibles (GAD de Santa Ana, 2015).

#### e) Cobertura vegetal y uso de la tierra

Según la base cartográfica “Cobertura y suelo de la tierra del 2014” del Sistema Único de Información Ambiental o SUIA (2016):

La parroquia Santa Ana de Vuelta Larga está representada por una superficie total de 315,32 km<sup>2</sup>, dividiéndose en bosques, vegetación arbustiva, tierras agropecuarias, cuerpo de agua y zona antrópica.

El 19,48% (61,42 km<sup>2</sup>) del territorio está constituido por áreas de conservación y protección como bosques nativos, plantaciones forestales y vegetación arbustiva representada principalmente por masas arbóreas o especies leñosas nativas.

Del 79,87% de territorio que representa las tierras agropecuarias, el 50,02% (157,73 km<sup>2</sup>) es destinado a actividades ganaderas y el 29,85% (94,12 km<sup>2</sup>) para siembras de maíz, cacao, café, arroz y banano, entre otros, que engloban los cultivos de ciclo corto, semipermanentes y permanentes.

Finalmente, el 0,15% (0,47 km<sup>2</sup>) del territorio lo conforma el tramo del río Portoviejo que atraviesa la parroquia; mientras que, el 0,50% (1,58 km<sup>2</sup>) restante representa la zona antrópica ocupada por viviendas, edificios, escuelas, carreteras asfaltadas, laguna de oxidación y vertedero municipal.

#### f) Aspectos socioeconómicos

La memoria técnica del componente socioeconómico del cantón Santa Ana (IEE, 2012) manifiesta que, según los datos del censo del 2010, este cantón posee una población en edad económicamente activa del 41,20%; de este porcentaje el 94,33% desempeña un trabajo remunerado mientras que el restante no se encuentra laborando.

Así mismo, se da a conocer que el 50,30% de la población económicamente activa está vinculada al sector primario (agricultura, ganadería, silvicultura y pesca), el 6,92% al sector secundario (industrias), el 24,48% al sector terciario (comercio al por mayor y menor, transporte y almacenamiento, enseñanza, administración pública y defensa) y el 18,30% a trabajadores nuevos o no declarados.

## **6.2. MARCO LEGAL**

### **6.2.1. Constitución de la República del Ecuador**

-Título II, capítulo segundo, sección segunda: ambiente sano.

Art. 14.- Se reconoce el derecho de la población a vivir en un ambiente sano y ecológicamente equilibrado, que garantice la sostenibilidad y el buen vivir, (sumak kawsay). Se declara de interés público la preservación del ambiente, la conservación de los ecosistemas, la biodiversidad y la integridad del patrimonio genético del país, la prevención del daño ambiental y la recuperación de los espacios naturales degradados.

-Título VII, capítulo primero, sección novena: gestión del riesgo

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.

Art. 390.- Los riesgos se gestionarán bajo el principio de descentralización subsidiaria, que implicará la responsabilidad directa de las instituciones dentro de su ámbito geográfico. Cuando sus capacidades para la gestión del riesgo sean insuficientes, las instancias de mayor ámbito territorial y mayor capacidad técnica y financiera brindarán el apoyo necesario con respeto a su autoridad en el territorio y sin relevarlos de su responsabilidad.

-Título VII, capítulo segundo, sección sexta: agua

Art. 411.- El Estado garantizará la conservación, recuperación y manejo integral de los recursos hídricos, cuencas hidrográficas y caudales ecológicos asociados al ciclo hidrológico. Se regulará toda actividad que pueda afectar la calidad y cantidad de agua, y el equilibrio de los ecosistemas, en especial en las fuentes y zonas de recarga de agua.

## **6.2.2. Ley de seguridad pública y del Estado**

-Título III, capítulo II: de los órganos ejecutores

Art. 11.- Los órganos ejecutores del Sistema de Seguridad Pública y del Estado estarán a cargo de las acciones de defensa, orden público, prevención y gestión de riesgos, conforme lo siguiente:

d) De la gestión de riesgos.- La prevención y las medidas para contrarrestar, reducir y mitigar los riesgos de origen natural y antrópico o para reducir la vulnerabilidad, corresponden a las entidades públicas y privadas, nacionales, regionales y locales. La rectoría la ejercerá el Estado a través de la Secretaría Nacional de Gestión de Riesgos.

## **6.2.3. Código orgánico de ordenamiento territorial, autonomía y descentralización (COOTAD)**

-Título III, capítulo III, sección primera: naturaleza jurídica, sede y funciones

Art. 54.- Funciones.- Son funciones del gobierno autónomo descentralizado municipal las siguientes:

o) Regular y controlar las construcciones en la circunscripción cantonal, con especial atención a las normas de control y prevención de riesgos y desastres.

-Título V, capítulo IV: del ejercicio de las competencias constitucionales

Art. 140.- Ejercicio de la competencia de gestión de riesgos.- La gestión de riesgos que incluye las acciones de prevención, reacción, mitigación, reconstrucción y transferencia, para enfrentar todas las amenazas de origen natural o antrópico que afecten al cantón se gestionarán de manera concurrente y de forma articulada con las políticas y los planes emitidos por el organismo nacional responsable, de acuerdo con la Constitución y la ley.

Los gobiernos autónomos descentralizados municipales adoptarán obligatoriamente normas técnicas para la prevención y gestión de riesgos

sísmicos con el propósito de proteger las personas, colectividades y la naturaleza.

#### **6.2.4. Código orgánico de planificación y finanzas públicas**

-Capítulo III, sección cuarta, párrafo 10: De la inversión pública y sus instrumentos

Art. 64.- Preeminencia de la producción nacional e incorporación de enfoques ambientales y de gestión de riesgo.- En el diseño e implementación de los programas y proyectos de inversión pública, se promoverá la incorporación de acciones favorables al ecosistema, mitigación, adaptación al cambio climático y a la gestión de vulnerabilidades y riesgos antrópicos y naturales.

#### **6.2.5. Ley orgánica de recursos hídricos, usos y aprovechamiento del agua**

-Capítulo II, sección Primera: Sistema Nacional Estratégico y Autoridad Única del Agua

Art. 18.- Competencias y atribuciones de la Autoridad Única del Agua. Las competencias son:

- r) Formular, gestionar y supervisar el plan anual de prioridades en infraestructura hidráulica, equipamiento, drenaje e inundaciones; y, administrar la infraestructura hidráulica de propósito múltiple;

-Capítulo VII, sección primera de las obligaciones y la progresividad

Art. 83.- Políticas en relación con el agua.- Es obligación del estado formular y generar políticas públicas orientadas a:

- e) Adoptar y promover medidas con respecto de adaptación y mitigación al cambio climático para proteger a la población en riesgo.

## **VII. METODOLOGÍA**

### **7.1. UBICACIÓN GEOGRÁFICA**

La parroquia Santa Ana de Vuelta Larga (Anexo 1), con coordenadas UTM 569989mE y 9866593mS de la zona 17S, está situada en el centro Este del cantón Santa Ana, provincia de Manabí, posee un área de aproximadamente 315,32 km<sup>2</sup>, altitudes que van desde los 49 hasta los 500 metros sobre el nivel del mar, una temperatura promedio de 26°C y la presencia del río Portoviejo que nace en su parroquia Honorato Vásquez.

### **7.2. MÉTODO**

El método aplicado en esta investigación es el hipotético-deductivo, de tipo explicativo y modalidad de campo ya que a través de la observación del fenómeno se planteó la hipótesis, que fue comprobada a través de la recopilación de información relacionada a las condiciones biofísicas y socioeconómicas del área de estudio.

### **7.3. TÉCNICAS**

Muestreo; que escoge una muestra aleatoria que sea extrapolable para toda la población. De esta forma, se ahorran recursos y se obtienen resultados cercanos a los que se alcanzarían si se encuesta a toda la población.

Encuesta; que permite la obtención de información relacionada a la vulnerabilidad socioeconómica que presenta la población asentada en la parroquia Santa Ana de Vuelta Larga (Anexo 2 y 3).

Observación; que permite la recopilación de información relacionada a la vulnerabilidad biofísica que presenta la población asentada en la parroquia Santa Ana de Vuelta Larga.

### **7.4. POBLACIÓN Y MUESTRA**

La población en estudio se determinó mediante la “fórmula de poblaciones finitas” planteada por Aguilar (2005).

$$n = \frac{N * Z^2 * p * q}{d^2 * (N - 1) + Z^2 * p * q}$$

En donde:

**N** = Tamaño de la población.

**p** = proporción aproximada del fenómeno en estudio en la población de referencia. Este dato generalmente es desconocido y suele asignarse el valor “0,5” que es la opción más segura de proporción esperada.

**q** = proporción de la población de referencia que no presenta el fenómeno en estudio (1 -p).

**d** = nivel de precisión absoluta. Referido a la amplitud del intervalo de confianza deseado en la determinación del valor promedio de la variable en estudio. En investigación es recomendable el 5%.

**Z** = llamado también “nivel de confianza” es un valor calculado en las tablas, como está establecido a continuación:

**Tabla 7.** Parámetros utilizados en la fórmula

% Error	Nivel de confianza	Valor de Z	Valor d
1	99%	2,58	0,001
5	95%	1,96	0,05
10	90%	1,645	0,1

Por lo que, sabiendo que la parroquia de Santa Ana, tiene aproximadamente 22298 habitantes (INEC, 2010), la muestra estudiada fue de:

$$n = \frac{N * Z^2 * p * q}{d^2 * (N - 1) + Z^2 * p * q}$$

$$n = \frac{22298 * 1,96^2 * 0,5 * 0,5}{0,05^2 * (22298 - 1) + 1,96^2 * 0,5 * 0,5} = \frac{21415}{56,7} = 378 \text{ personas}$$

Para un mejor análisis de la vulnerabilidad física, social, económica y ecológica, la muestra fue estratificada equitativamente en cuatro rangos acorde a la existencia de poblados y su ubicación con respecto al río. Es decir, los cuatro rangos fueron: poblados ubicados a menos de 200 m del río; entre 200 y 400 m

de cercanía al río; entre 400 y 600 m de cercanía al río; y, más de 600 m de cercanía al río.

## **7.5. PROCEDIMIENTO**

Este proceso propone tres fases en donde los SIG fueron la clave para llevar a efecto la investigación a través de la creación de cartografías de susceptibilidad y de cada una de las vulnerabilidades a partir de los esquemas metodológicos.

### **7.5.1. Revisión bibliográfica**

En esta etapa se realizó la recopilación y análisis de todo tipo de información referente al área de estudio y la literatura que respalden la investigación.

La obtención de información biofísica y socioeconómica establecida en el Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial del cantón Santa Ana 2015-2019, fue el punto de partida para definir las condiciones climáticas, hidrogeológicas, topográficas, edafológicas, de infraestructura y de servicios básicos que presenta la parroquia Santa Ana de Vuelta Larga perteneciente al cantón Santa Ana, provincia de Manabí.

Las entidades públicas como el GAD de Santa Ana, la Secretaría de Gestión de Riesgos, el Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (INAMHI) y Secretaría Nacional del Agua (SENAGUA) cumplieron un papel importante como fuentes documentales al proporcionar datos e información cartográfica sobre las inundaciones y pérdidas económicas registradas hasta el 2017.

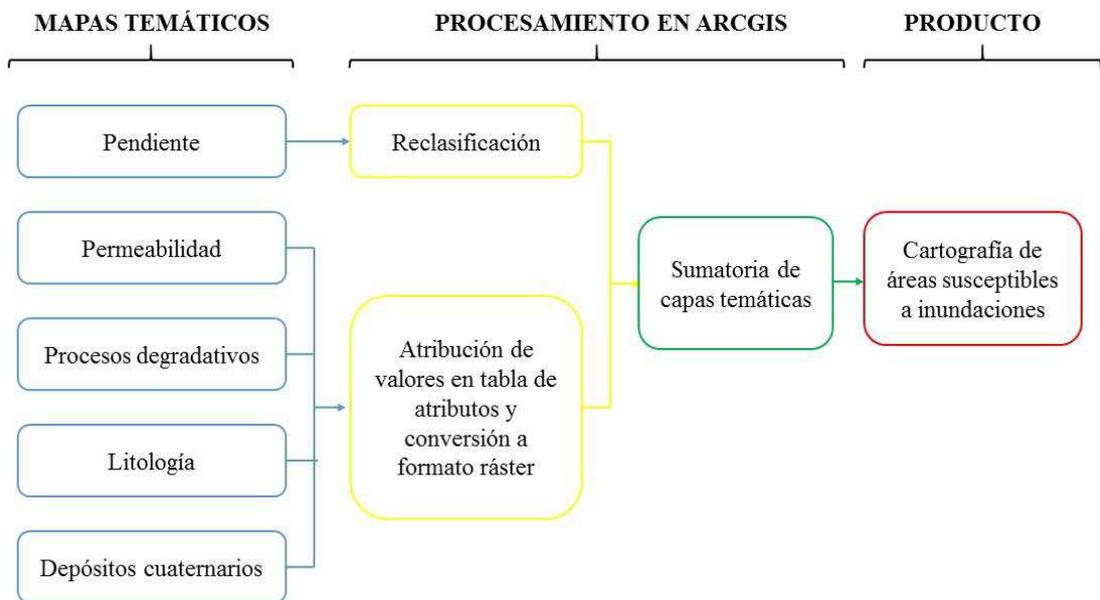
El Instituto Geográfico Militar (IGM), la Secretaría Nacional de Planificación y Desarrollo (SENPLADES), el Instituto Espacial Ecuatoriano (IEE), el Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca (MAGAP) y el Ministerio del Ambiente (MAE) a través del Sistema Único de Información Ambiental (SUIA) son algunos de los organismos ecuatorianos de donde se obtuvo información cartográfica a escala 1:25000, 1:50000, 1:100000 y 1:250000 como shapefiles de curvas de nivel, cuerpos hídricos, capacidad y uso de suelos, modelos digitales de terrenos (DEM), entre otros, que facilitaron llevar a cabo la fase analítica.

### 7.5.2. Fase analítica

La fase analítica comprendió la metodología realizada con los sistemas de información geográfica y la generación de estrategias para aumentar la resiliencia y disminuir la vulnerabilidad.

#### a) Determinación de áreas susceptibles a inundaciones

La ejecución de esta etapa se realizó mediante una adaptación de las variables establecidas por Montecelos *et al.* (2011) y Pedroso *et al.* (2014). Para ello, se contó con cartografía base de cada variable para procesarla en ArcGIS y generar el producto deseado (Figura 1).



**Figura 1.** Esquema del proceso de determinación de áreas susceptibles a inundaciones

#### - Obtención del mapa de pendiente

Se utilizó como cartografía base un DEM, proporcionado por el IGM, que fue sometido a la función Slope del ArcToolBox para crear el raster de pendiente (en grados). Finalmente, se hizo una reclasificación del raster en donde, con base en la propuesta (Tabla 2) de Montecelos *et al.* (2011), se atribuyen valores adaptados arbitrariamente al área de estudio (Tabla 8).

**Tabla 8.** Valores de pendiente adaptados al área de estudio

<b>Pendiente (°)</b>	<b>Valor</b>
0 – 2,5	4
2,5 – 5	3
5 – 7,5	2
7,5 – 59,36	1

- Obtención del mapa de permeabilidad

La creación del mapa de permeabilidad se realizó con el archivo vectorial “Taxonomía de suelos” creado por el MAGAP. Debido a que los indicadores (Tabla 3) propuestos por Montecelos *et al.* (2011) no coincidían en gran parte con los presentes en el área de estudio, se realizó una adaptación de los órdenes de suelos con base en la “capacidad de drenaje” de los mismos. Finalmente, se atribuyeron los nuevos valores (Tabla 9) a las cartografías digitales y se transformaron al formato raster mediante Polygon to Raster del ArcToolBox.

**Tabla 9.** Valores de permeabilidad de los suelos adaptados al área de estudio

<b>Tipo de suelo</b>	<b>Valor</b>
Vertisoles	5
Alfisoles	4
Inceptisoles	3
Entisoles	2
Molisoles	1

- Obtención del mapa de procesos degradativos

El mapa de procesos degradativos se obtuvo a través del mapa base “Geomorfología del cantón Santa Ana” proporcionado por el IEE. De igual forma, la propuesta (Tabla 4) de Montecelos *et al.* (2011) se adaptó arbitrariamente, generando nuevos valores (Tabla 10) para los problemas degradativos que presenta la parroquia Santa Ana de Vuelta Larga. Después, al igual que el proceso anterior, se hizo la conversión del archivo al formato raster.

**Tabla 10.** Valores de los procesos degradativos adaptados al área de estudio

<b>Proceso degradativo</b>	<b>Valor</b>
Hidromorfía	2
Problemas de drenaje	1

- Obtención del mapa litológico

La creación del mapa litológico se realizó mediante el archivo vectorial “Geopedología del cantón Santa Ana” proporcionado por el IEE. En este caso, los valores (Tabla 5) propuestos por Montecelos *et al.* (2011) fueron adaptados a las condiciones litológicas presentes en el área de estudio teniendo como referencia el “coeficiente de filtración de las rocas”. Finalmente, se atribuyeron los valores adaptados (Tabla 11) y, al igual que el mapa de permeabilidad, se convirtió el archivo al formato raster.

**Tabla 11.** Valores del tipo de rocas adaptados al área de estudio

<b>Tipos de rocas</b>	<b>Valor</b>
Arcillas arenosas, limolitas	5
Limos y arena con grava	4
Areniscas, arena o grava	3
Gravas subangulares	2
Lutitas laminadas	1

- Obtención del mapa de depósitos cuaternarios

Esta cartografía fue obtenida mediante el mapa base “Geopedología del cantón Santa Ana” proporcionado por el IEE. Para esta variable, se tomó como referencia la propuesta (Tabla 6) de Pedroso *et al.* (2014), realizando una adaptación arbitraria. De esta forma, los nuevos valores (Tabla 12) fueron asignados a su respectiva cartografía y, finalmente, transformada en raster.

**Tabla 12.** Valores del tipo de depósito adaptados al área de estudio

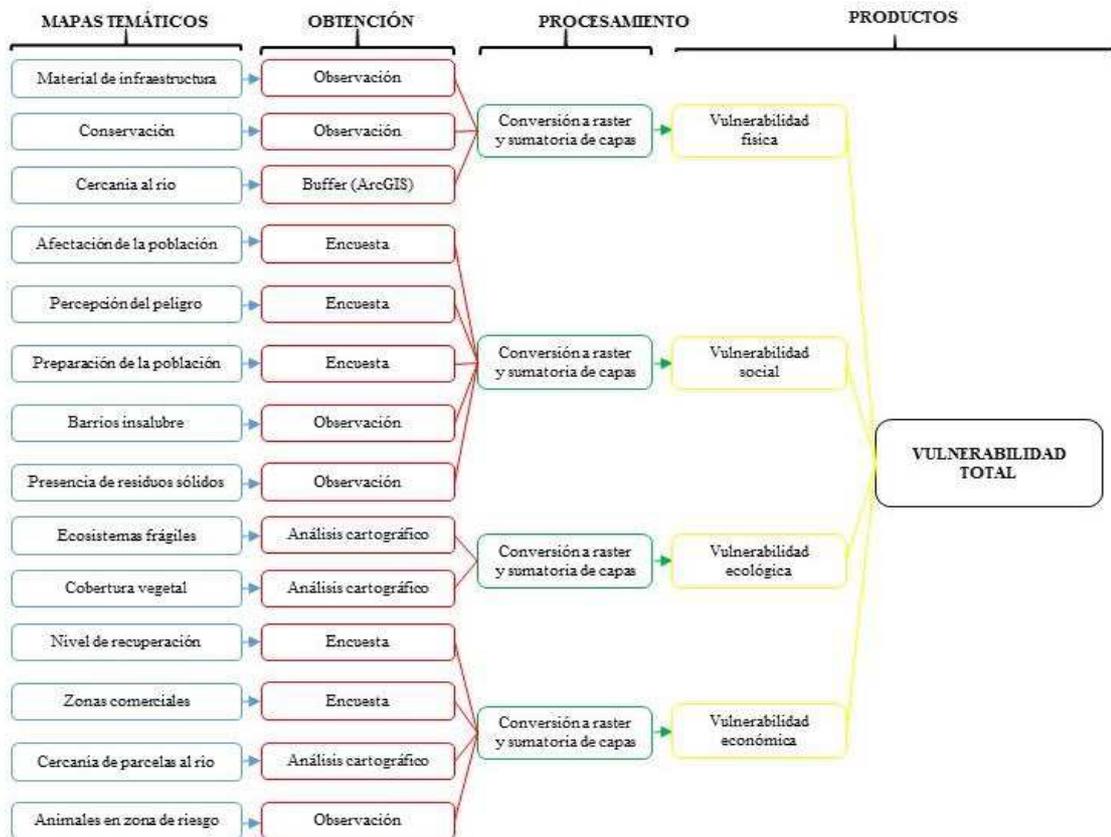
Depósitos	Valor
Aluviales	2
Coluvio aluviales	1

- Generación del mapa de áreas susceptibles a inundaciones

Creados los cinco mapas y transformados en formato raster, se procedió a la suma de estas capas temáticas mediante la opción Raster Calculator.

b) Determinación de la vulnerabilidad

La vulnerabilidad de la parroquia Santa Ana de Vuelta Larga fue analizada en sus aspectos físicos, sociales, ecológicos y económicos (Figura 2). Cabe recalcar que, para el cálculo de cada aspecto, se realizó una adaptación arbitraria de los criterios establecidos por Álvarez (2011) y Pedroso *et al.* (2014) presentados en el apartado de Marco Teórico.



**Figura 2.** Esquema del proceso de cálculo de vulnerabilidad

Como dato adicional, para generar la cartografía de cada aspecto se requirieron de tres a cinco mapas bases que fueron obtenidos a través de encuestas (Anexo 2 y 3), observaciones y análisis cartográfico.

- Cartografía de vulnerabilidad física

La cartografía de vulnerabilidad física se realizó mediante la determinación de tres indicadores (Tabla 13) por sector. Así mismo, se crearon tres capas temáticas relacionadas a cada indicador, que finalmente fueron sumadas.

**Tabla 13.** Indicadores considerados en el cálculo de la vulnerabilidad física

<b>Indicadores</b>	<b>Valor</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>
Material de construcción		Hormigón	Madera	Caña	-
Conservación de infraestructura		Buena	Regular	Mala	-
Cercanía al río (metros)		> 600	400 > 600	200 > 400	< 200

Con base en ello, a través de imágenes satelitales, se creó una cartografía en donde los poblados fueron sectorizados; de esta forma, el material de construcción y la conservación de las infraestructuras predominante por sector se determinaron a través de observación directa. Mientras que, la cercanía al río fue la única capa temática que pudo realizarse directamente en ArcGIS mediante la creación de áreas buffers al río.

Finalmente, para cada indicador se le atribuyó un valor acorde a su condición; es decir, si presentaba características de mayor vulnerabilidad, mayor fue el valor asignado. Y, como estas tres capas estaban en formato vectorial, se transformaron a raster para ser sumadas y obtener el producto deseado.

- Cartografía de vulnerabilidad social

En este caso, para crear el mapa de vulnerabilidad social se establecieron cinco indicadores (Tabla 14) en donde, se utilizó como mapa base la cartografía de poblados sectorizados, creada en el cálculo de la vulnerabilidad física.

**Tabla 14.** Indicadores considerados en el cálculo de la vulnerabilidad social

<b>Indicador \ Valor</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>
Afectación a la población	<0,25	0,26-0,50	0,51-0,75	>0,75
Percepción del peligro en la población	Alta	Media	Baja	--
Preparación de población y decisores	Alta	Media	Baja	--
Presencia de barrios insalubres	Baja	Media	Alta	--
Presencia de desechos sólidos	Baja	Media	Alta	--

Para el cálculo del porcentaje de población afectada se cuantificaron las casas dentro del área susceptible a inundaciones y se multiplicó por el promedio de personas por vivienda, siendo este último valor dividido para el número de habitantes del área en estudio. La obtención de información del segundo, tercer y cuarto indicador se realizó mediante encuestas ejecutadas durante el mes de marzo del 2017 (Anexo 2 y 3); mientras que el quinto indicador estuvo ligado a una observación/inspección en cada zona.

Finalmente, se atribuyeron los valores correspondientes y se transformaron las capas al formato raster para ser sumadas.

- Cartografía de vulnerabilidad ecológica

Se establecieron dos indicadores para el cálculo de esta vulnerabilidad (Tabla 15). En este caso, se hicieron cartografías independientes para cada indicador en donde se atribuyeron los respectivos valores. En el primer indicador se analizó la reducción, fragmentación y sensibilidad de los ecosistemas presentes dentro del área de estudio; mientras que, para el segundo indicador se consideró la cobertura vegetal y uso de suelos.

**Tabla 15.** Indicadores considerados en el cálculo de la vulnerabilidad ecológica

<b>Indicador \ Valor</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>
Fragilidad de ecosistemas	Poca	Media	Alta
Cobertura vegetal	Bosques	Plantaciones	Sin cobertura

- Cartografía de vulnerabilidad económica

Esta vulnerabilidad fue calculada con base en cuatro indicadores (Tabla 16). La obtención de datos referentes al primer y segundo indicador se realizó mediante encuestas (Anexo 2 y 3), para el tercer indicador se utilizó la cartografía de áreas cercanas al río generada en el cálculo de la vulnerabilidad física y, para el último criterio, una observación directa en el área de estudios. Finalmente se atribuyeron valores y se sumaron las capas.

**Tabla 16.** Indicadores considerados en el cálculo de la vulnerabilidad económica

<b>Indicador \ Valor</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>
Nivel de pérdidas	Nula	Poca	Media	Alta
Zonas comerciales	Ninguna	Pocas	Bastantes	Muchas
Cercanía de parcelas al río	> 600	400 > 600	200 > 400	< 200
Animales en zona de riesgo	Ninguno	Pocos	Muchos	-

- c) Generación de medidas de adaptación

Para esta etapa, se consideró lo manifestado por el PNUMA (2013), para lo cual se elaboró una matriz (Tabla 17) que se llenó a través de los siguientes pasos:

**Tabla 17.** Matriz de generación de medidas de mitigación

<b>Identificar las necesidades</b>		<b>Identificación de las opciones de mitigación</b>	<b>Evaluación de las opciones de mitigación</b>	
<b>Vulnerabilidad</b>	<b>Actores</b>	<b>Estrategias</b>	<b>Pros</b>	<b>Contra</b>

- Identificación de necesidades

Se analizó, de acuerdo a los resultados anteriores, ¿cuáles son las vulnerabilidades y capacidades de los actores? y ¿cuáles son los aspectos más importantes que deben ser atendidos?

- Identificación de las opciones de mitigación

Se establecieron las estrategias de acuerdo a la fase anterior y se respondió a ¿Cómo pueden abordarse los índices de vulnerabilidad y oportunidades específicas que han sido identificadas?

- Evaluación de las opciones de mitigación

Por último, se analizaron las ventajas y desventajas de las diferentes estrategias de acuerdo a cuáles se ajustan mejor a los objetivos de los actores de la adaptación.

### 7.5.3. Fase de previsión

Se enfocó en el cálculo de los periodos de retorno con datos pluviométricos (precipitaciones máximas anuales en 24 horas) de ocho estaciones meteorológicas (Tabla 18) comprendidas dentro del cantón Santa Ana y fuera del mismo hasta una distancia de 10 km desde su límite administrativo (Anexo 4); de esta forma, se abarcaron estaciones ubicadas en los cantones de Portoviejo, Jipijapa, 24 de Mayo y Olmedo. Esto se realizó con el fin de que, al momento de elaborar las cartografías de periodos de retorno, se lograra hacer un análisis más completo del área de estudio y el cantón.

**Tabla 18.** Estaciones meteorológicas consideradas en el estudio

Coordenadas		Código	Nombre	Parroquia	Cantón
X	Y				
567867	9871315	M1208	La Teodomira	Santa Ana de Vuelta Larga	Santa Ana
598283	9880243	M1077	Bella Flor	Honorato Vásquez	
585301	9878404	M1080	Poza Honda		
578718	9883441	M454	Río Chico	Alajuela	Portoviejo
585364	9885405	M464	Río Chamotete	Chirijos	
545984	9860941	M449	Sancán	Jipijapa	Jipijapa
564710	9858636	M447	Jaboncillo	Sucre	24 de Mayo
587794	9845732	M166	Olmedo	Olmedo	Olmedo

a) Cálculo de periodos de retorno

Para ejecutar esta etapa, se aplicaron las fórmulas presentadas por Ávila y Martín (2013) para el cálculo de los periodos de retorno (ver apartado 6.1.5). En donde, se utilizó como base los registros existentes por estación meteorológica de las precipitaciones máximas anuales en 24 horas desde 1970 hasta el 2015 (Tabla 19) proporcionado por el INAMHI.

Cabe recalcar que estos datos pluviométricos fueron proporcionados en forma de “serie de precipitaciones máximas mensuales en 24 horas” que, en parte, presentaron vacíos de información (precipitaciones no registradas) debido a fallas técnicas, mantenimiento o deshabilitación de las estaciones meteorológicas; por lo que, a través de la plataforma desarrollada por el Laboratorio Virtual de Hidrología de la Universidad Técnica Particular de Loja o UTPL, se realizó el relleno de datos por el método “correlación ortogonal”.

**Tabla 19.** Registro pluviométrico del periodo 1970-2015

Año	Precipitaciones máximas anuales (mm) por estación meteorológica							
	M1208	M1077	M1080	M454	M464	M449	M447	M166
1970					87,8		79,7	100,6
1971				57,4	61		72	
1972				43,4	97,5		77,6	75,7
1973					80,6		75	60,5
1974				88				42,9
1975				87,1	101,3		94	47,4
1976				73,6	98,9		73,2	92
1977				38,4	77,2		75,4	71,5
1978				49,1	56,8		66,8	20,8
1979				33,5	49,8		63,7	50
1980				94	68,6		46,5	66,4
1981				43,3	83,9		78	64
1982				65	73,1		73,1	85,8
1983				76,2	82,5		114,4	80
1984		81,1		58,2	105,5		97,8	110,8
1985		28,7		85,8	85,9		65,8	95
1986		95,1	55,7	70,4	118,8		94,3	63

1987		88,1	127,4	63,8	89,1		82,8	69
1988		113,5	63,2	83,5	64,7	27	32,9	79,8
1989		68,2	137,6	90	128,6	34,8	68,7	100,4
1990		116,4	88,4	51,3	76,7	58,2	33,8	90,7
1991		84,4		59,3	53,7	18,2	69,8	118,8
1992		105,5		81,9	103	50,7	74,7	100,6
1993		86,5		64,8	75,5	35,5	78,7	94,6
1994		83,6	87	67,1	84,2	79,3	117	121,2
1995		55,5	65	60,2	65,8	40,4	77,7	136,4
1996		69	101,4	88,5	102,9	40,2	91,1	55,4
1997		78,1	72,3	111	117,5	78,8	88	83,6
1998			56,6	98	113,8	68,5	72	100
1999				120	122,5	28,7	87,6	141,8
2000				140	92,3	27,6	82,2	98
2001				95,2	91,3	19,3	112,5	160,2
2002	73,8			95,2	61,3	25,5	85	162,8
2003	51,5			78,5	91,3		80,7	96,3
2004	64,4			88,2	108,7		63,7	92,8
2005	78,3			66,2	105,5		89,1	84,1
2006	65,1		68	156,7	75,4		106,7	97,7
2007	80		70,2	102,8	87,8		95,4	87
2008	98,3	104,8	87,8	82,2	62		64,2	81
2009	31		84,4	34,4	73,6		57,1	108,2
2010	49,5		72,5	88,7	99,9		74	101
2011	61,7		54,3	49,4	60,8		55,4	94,6
2012	91,5	102,3	119,1	90,4	109,6	48	63,4	120,4
2013	51,1	106,1	92,7	60,5	78	90,7	73,7	111,8
2014	54,5	59,5	52	44,5	94	73,1	48	122
2015	95,5	87,7	96,3	70	97,7	98	101,1	133
$\sum x_i$	<b>946,2</b>	<b>1614,1</b>	<b>1651,9</b>	<b>3345,7</b>	<b>3916,4</b>	<b>942,5</b>	<b>3474,3</b>	<b>4169,6</b>

b) Cálculo de intervalo de confianza

En esta etapa, se procedió a determinar el intervalo de confianza para cada periodo de retorno. Esto fue realizado a través de la fórmula, con un nivel de confianza del 95%:

$$\mu = \bar{X} \pm Z \frac{S}{\sqrt{n}}$$

En donde:

$\mu$  = Límite superior / Límite inferior

$\bar{X}$  = Media

$Z$  = Distribución normal estandarizada inversa

$S$  = Desviación estándar

$n$  = Tamaño de la muestra

De esta forma, el  $\mu$  sería en dato a calcular. La  $\bar{X}$  viene siendo las precipitaciones máximas para distintos periodos de retorno. El valor de la  $Z$  para un nivel de confianza del 95% es de 1,96. La  $S$  que se calculó previamente en los periodos de retorno. Y, finalmente, el  $n$  que varió acorde a la cantidad de datos existentes por cada estación meteorológica, teniendo flujos de datos de 14, 19, 20 y 45 años.

### c) Producción de cartografía

Una vez obtenidos los resultados, mediante ArcGIS, se realizó un análisis geoestadístico, a través del método de Inverse Distance Weighted (IDW), que permitió crear una superficie interpolada a partir de los datos de precipitaciones y obtener un modelo espacial de distribución de las precipitaciones máximas para distintos periodos de retorno, a partir de los datos pluviométricos.

## VIII. DESCRIPCIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS

### 8.1. LAS INUNDACIONES

Los poblados de Lodana, Sasay, Chamucame de Adentro y gran porcentaje de la parte céntrica se encuentran dentro de los 53,5 km<sup>2</sup> de zona con pendiente inferior a 2,5° (Tabla 20); mientras que, poblados como San Jacinto, Las Guayjas, El Mate y Chamucame Afuera están ubicado en los 18,96 km<sup>2</sup> de área con inclinaciones de entre 2,5 y 5°. Los 242,85 km<sup>2</sup> de terreno restante poseen una pendiente que varía entre 5 a 56,37° con pocos asentamientos humanos.

**Tabla 20.** Áreas y porcentajes por rangos de pendiente

Pendiente (°)	Área (km <sup>2</sup> )	%
0 – 2,5	53,50	16,97
2,5 – 5	18,96	6,01
5 – 7,5	17,62	5,59
7,5 – 59,36	225,23	71,43

En Santa Ana de Vuelta Larga, los depósitos cuaternarios aluviales se encuentran en todo el valle (Tabla 21), cubriendo un área de 53,3 km<sup>2</sup> en donde se encuentran los principales poblados existentes en la parroquia. Cabe recalcar que este tipo de depósito suele encontrarse en las zonas bajas de las quebradas debido a ser antiguas llanuras de inundación.

**Tabla 21.** Áreas y porcentajes por depósito cuaternario

D. cuaternarios	Área (km <sup>2</sup> )	%
D. aluvial	53,30	16,90
D. coluvio aluvial	12,06	3,83
No aplica	249,96	79,27

Con respecto a la taxonomía de suelos, los órdenes de los inceptisoles y entisoles son los más representativos dentro del estudio, esto se debe a que en ellos se encuentran asentada la mayor parte de la población. Cubren una

extensión de 127,35 km<sup>2</sup> y 25,70 km<sup>2</sup> (Tabla 22), respectivamente, e influyen en el fenómeno de inundación debido a su bajo desarrollo de perfiles y problemas de drenaje.

**Tabla 22.** Áreas y porcentajes por taxonomía de suelo

<b>Taxonomía</b>	<b>Área (km<sup>2</sup>)</b>	<b>%</b>
Alfisol	5,18	1,64
Entisol	27,70	8,77
Inceptisol	127,35	40,34
Inceptisol + Entisol	29,60	9,38
Mollisol	28,27	8,95
Mollisol + Entisol	72,82	23,06
Vertisol	24,81	7,86

La litología en el área de estudio está conformada principalmente por gravas, limos y arenas; tan solo 39,26 km<sup>2</sup> del terreno (Tabla 23) está conformado por un suelo limo-arenoso en donde se encuentran los poblados de Lodana, Sasay, El Mate y Las Guayjas; mientras que Chamucame se encuentran dentro de los 14,04 km<sup>2</sup> de suelo con litología grava-arena-limo.

**Tabla 23.** Áreas y porcentajes por tipo de roca

<b>Litología</b>	<b>Área (km<sup>2</sup>)</b>	<b>%</b>
Arcillas arenosas	1,45	0,47
Arenisca arcillosa	103,43	33,51
Arenisca de grano	37,94	12,29
Intercalación de arena	65,45	21,21
Gravas subangulares	0,20	0,06
Gravas, arenas y limos	14,04	4,55
Limos y arena	39,26	12,72
Lima, arena fina	11,86	3,84
Lutitas laminadas	35,02	11,35

Con relación a los problemas degradativos, según la cartografía base, los poblados de El Mate, Chamucame, Sasay, las Guayjas y parte de Lodana se

encuentran dentro de los 245,24 km<sup>2</sup> de terreno con buen drenaje y el resto de Lodana y la parte céntrica de la parroquia están situadas en los 67,11 km<sup>2</sup> de terreno con drenaje moderado (Tabla 24). Adicional a ello, es importante mencionar que tanto Lodana como el poblado principal de la parroquia están afectados por el sellado de suelos debido a la existencia de vías asfaltadas y presencia de residencias.

**Tabla 24.** Áreas y porcentaje de suelos con procesos degradativos

<b>P. degradativos</b>	<b>Área (km<sup>2</sup>)</b>	<b>%</b>
Bueno	245,24	78,51
Moderado	67,11	21,49

Finalmente, analizadas las características biofísicas de los poblados (Tabla 25) y realizada la atribución de valores acorde a las metodologías, se clasificó todo el territorio de la parroquia Santa Ana de Vuelta Larga en cuatro rangos (Anexo 5): altamente, medianamente, poco y no susceptibles.

El primer rango, considerado como “Altamente susceptible”, representa el 16,97% de todo el territorio en estudio, abarcando gran parte de la población asentada en el poblado principal de la parroquia y en Lodana. Este rango está caracterizado por áreas de mayor depresión, sellado, bajo drenaje y poco desarrollo de horizontes, lo cual promueve la acumulación de agua por la ocurrencia de un evento extremo de precipitación o desborde del río Portoviejo.

El segundo rango que es el “Medianamente susceptible”, comprende el 48,61% de toda el área de estudio, en donde se encuentran los poblados de Chamucame, El Mate, Las Guayjas, Taina y una pequeña porción del poblado principal. A pesar que esta zona está, en gran parte, adyacente al río, las inundaciones son inferiores al rango anterior debido a las ligeras pendientes existentes y al escurrimiento del agua a las zonas más bajas.

El tercer y cuarto rango, que son los que poca o nula susceptibilidad, representan el 25,71% y 8,71% respectivamente. En general, no existen poblados en estas áreas y las inundaciones son casi o totalmente nulas principalmente a la lejanía al río y alta pendiente que presenta.

**Tabla 25.** Principales poblados de la parroquia Santa Ana de Vuelta Larga con sus respectivas condiciones biofísicas

<b>Poblado céntrico</b>	<b>Pendiente</b>	<b>Taxonomía</b>	<b>Depósito cuaternario</b>	<b>Litología</b>	<b>Proceso degradativo</b>	<b>Susceptibilidad a inundación</b>
Bonce Adentro	< 2,5°	Inceptisol	Aluvial	Gravas, arenas, limos y arenisca arcillosa	Drenaje moderado	Alta
Bonce Afuera	2,5 > 56,39°	Inceptisoles	Aluvial	Gravas, arena y limo.	Buen drenaje	Media
Caña Brava	< 2,5°	Entisol	Aluvial	Limos, arena.	Drenaje moderado	Alta
Caña Mansa	< 56,39°	Entisol	Aluvial	Limos, arena.	Buen drenaje	Media
Chamucame Adentro	< 7,5°	Entisol	Aluvial	Gravas, arena y limo.	Buen drenaje	Media
Chamucame Afuera	2,5 > 56,39°	Entisol	Aluvial	Limos, arena.	Buen drenaje	Media
Chamucame Medio	< 2,5°	Entisol	Aluvial	Gravas, arena y limo.	Buen drenaje	Media
El Mate	< 7,5	Entisol	Aluvial	Limos, arena.	Buen drenaje	Media
El Níspero	< 2,5°	Inceptisol	Aluvial	Limos, arena.	Buen drenaje	Alta
Entrada de Beldaco	< 2,5°	Inceptisol	Aluvial	Limos, arena.	Buen drenaje	Alta

Galilea	< 5°	Inceptisol	Aluvial	Gravas, arena y limo.	Buen drenaje	Alta
La Primavera	< 2,5°	Inceptisol	Aluvial	Limos, arena.	Buen drenaje	Alta
La Puca	5 > 7,5°	Inceptisol	No aplica	Lutitas laminadas diatomaceas	Drenaje moderado	Baja
Las Guayjas	< 7,5°	Inceptisol	Aluvial	Limos, arena.	Buen drenaje	Media
Lodana	< 2,5°	Inceptisol	Aluvial	Limos, arena.	Buen drenaje	Alta
Peminche	< 5°	Inceptisol	Aluvial	Gravas, arena y limo.	Buen drenaje	Alta
Poblado principal	< 2,5°	Inceptisol	Aluvial	Limos, arena.	Buen drenaje	Alta
San Jacinto	< 5°	Inceptisol	Aluvial	Limos, arena.	Buen drenaje	Media
Sasay Afuera	< 2,5°	Inceptisol	Aluvial	Limos, arena.	Buen drenaje	Alta
Taina	7,5 > 56,39°	Entisol	No aplica	Arenisca arcillosa	Buen drenaje	Media
Tierra Negra	< 56,39°	Inceptisol	Aluvial	Gravas, arena, limo.	Buen drenaje	Media

## **8.2. LA VULNERABILIDAD**

La parroquia Santa Ana de Vuelta Larga, a través del estudio realizado, presenta una vulnerabilidad general del 55%, siendo el aspecto social el más alarmante debido a la falta de preparación por parte de la población en estudio. Se detalla a continuación los aspectos más relevantes que se encontraron.

### **8.2.1. Vulnerabilidad física**

El estudio del tipo de material de construcción, como primer variable de la vulnerabilidad física, determinó que el 86,07% de la muestra posee casas de hormigón, el 1,78% de madera y 12,14% de caña; siendo este último tipo de material el predominante en los poblados “El Níspero”, “El Mate”, “Chamucame de Afuera”, en los barrio “Divino Niño” y “El Paraíso” perteneciente a Lodana y en el barrio “La Mocerita” del poblado principal.

Con relación a la conservación de infraestructura (segunda variable) se observó que el 52,86% de la muestra conserva sus casas en buen estado, mientras que el 42,86% en estado medio y el 4,29% en estado malo o deteriorado; esta situación es algo similar a la variable anterior debido a que dentro de ese 4,29% están los poblados: “El Níspero”, “El Mate”, “Chamucame de Adentro”, el barrio “Divino Niño” de Lodana y “La Mocerita” del poblado principal.

Así mismo, la cercanía al río, que es la tercera variable, afecta principalmente a las ciudadelas “La Primavera” y “Vuelta Larga” y barrios “La Mocerita” y “El Progreso” del poblado principal y a los poblados “El Mate”, “Chamucame”, “Sasay” y “El Níspero” por tener una cercanía inferior a 200 metros.

De esta forma, se procedió a la suma de las cartografías elaboradas para cada una de las tres variables y se determinó que la parroquia posee una vulnerabilidad física del 54%, siendo “El Níspero”, “El Mate”, “Chamucame de Afuera” y los barrios “Divino Niño” de Lodana y “La Mocerita” del poblado principal, los que reúnen las condiciones más precarias para ser afectados en términos de infraestructura por la ocurrencia de una inundación (Anexo 6).

Como dato adicional, es importante mencionar que hace menos de un año se realizó la construcción de un muro de gaviones que ocupa un volumen próximo

a 2850 m<sup>3</sup>. Por este motivo, la capacidad volumétrica que posee el río en ese tramo ( $\approx 25000$  m<sup>3</sup>) fue reducida en un 9%, lo cual pudo influir en la reciente inundación que sufrió la parroquia; sin embargo, la principal razón es atribuida a la aglomeración de gran palizada en el ducto que transporta agua hacía Jipijapa, el cual está localizado aguas abajo a 130 m del puente u 80 m del muro de gaviones.

### **8.2.2. Vulnerabilidad social**

En términos generales, la población afectada está ligada a la existencia de aproximadamente 1673 viviendas dentro de las áreas con mayor susceptibilidad a inundaciones, lo cual representa 37,51% de toda la población si se asume que por vivienda existen 5 habitantes.

Con respecto a la percepción del peligro, el 25% ha tenido daños materiales por inundaciones y tan sólo el 10% menciona a los deslaves como otra amenaza alarmante. A pesar que las inundaciones siempre han estado presentes en esta parroquia, el 94,19% manifestó que nunca han recibido capacitaciones por parte de instituciones sobre cómo estar preparados ante este fenómeno, haciendo que el 77,5% de los moradores les alarme la ocurrencia de una futura inundación. Por otro lado, el 50% de la muestra posee un botiquín de primeros auxilios y el 56% conocen un lugar donde refugiarse.

En el caso de la preparación de los decisores, el 85% de la muestra afirmó que no sabe de la existencia de un albergue cercano o dentro de la parroquia y casi el 100% manifestó no haber recibido algún tipo de ayuda por parte del GAD. Además, el 68,21% manifestó tener falla en los servicios públicos durante épocas lluviosas, principalmente con alumbrado eléctrico y alcantarillado. Cabe recalcar que existen moradores que están conectados clandestinamente al sistema de alcantarillado de aguas lluvias, el cual descarga directamente al río; por lo que, cuando existe una crecida, son los primeros en inundarse.

En cuanto a la insalubridad de los barrios, el 89,64% respondió que la recolección de basura es mayor o igual a dos veces por semanas y un 64,28% manifestó que sí se realizan barridos de calles. Así mismo, tan solo 10,35% conoce de personas que sacan la basura en horas inadecuadas, un 21,78% sabe

de la presencia de vertederos clandestinos cercanos a sus hogares (que por lo general suele ser el río) y el 91,07% manifestó la aparición de plagas como moscas, mosquitos, cucarachas y culebras.

De esta forma, se determinó que la parroquia presenta una vulnerabilidad social del 74%, siendo los poblados “El Bendaco”, “Sasay” y los barrios “Sagrado Corazón de Jesús”, “Malecón” y “Caña Mansa” de la zona céntrica, los que presentan mayores problemas con las variables consideradas en este proceso (Anexo 7).

Es importante mencionar que, aunque gran parte de la muestra manifestó no haber recibido ayuda por parte de las autoridades, durante la inundación que sufrió la parroquia el 10 de abril del 2017, el secretario del COE en Santa Ana, en conjunto al Cuerpo de Bombero y otras instituciones, trabajaron en la evacuación y ayuda de las personas afectadas por este evento hidrometeorológico.

Para ello, designaron a la Unidad Educativa “Ángel Arteaga”, la Asociación “Ricardo Mielles Alarcón” y el Sindicato de Obreros Municipales como refugios temporales que acogieron alrededor de 200 personas, a las que se les proporcionó kits de higiene, ropa, alimentación, etc. A más de la ayuda médica proporcionada por el Ministerio de Salud Pública.

### **8.2.3. Vulnerabilidad ecológica**

La sensibilidad, fragmentación y deforestación de ecosistemas son parte de la primera variable estudiada para determinar la vulnerabilidad ecológica. En este contexto, 5,54 km<sup>2</sup> de bosques presentaron una sensibilidad muy alta, 84,65 km<sup>2</sup> del bosque estacional piemontano de cordillera costera del pacífico ecuatorial posee una fragmentación muy alta y, tan solo en el periodo 1900-2014, el área de deforestación varió de 1,39 km<sup>2</sup> a 4,80 km<sup>2</sup> en la parroquia. De esta forma, la fragilidad de ecosistemas es alta en 7,73 km<sup>2</sup>, media en 86,70 km<sup>2</sup> y baja en 219,87 km<sup>2</sup>.

Con respecto a la segunda variable, la parroquia presentó tres tipos de cobertura vegetal: bosques, plantaciones o tierras agropecuarias y áreas sin cobertura vegetal. La primera categoría abarca un total de 61,44 km<sup>2</sup> por la presencia de

bosques nativos, plantaciones forestales (masa arbórea) y vegetación arbustiva de especies leñosa. La segunda con 252,20 km<sup>2</sup> está conformada por pastizales, mosaico agropecuario (mezcla de especies cultivadas) y cultivos permanentes, semipermanentes y anuales. Y, la tercera categoría abarca 1,68 km<sup>2</sup> de área sin cobertura vegetal debido a la existencia de poblados o zonas deforestadas.

Finalmente, analizadas las variables se determinó que la parroquia Santa Ana de Vuelta Larga posee una vulnerabilidad ecológica del 52%; esto se debe a que, de todos los ecosistemas presentes en el área de estudios, tan solo 1,93% es altamente vulnerable en términos ecológicos, mientras que el 28,66% y 69,41% restante poseen una vulnerabilidad media y baja respectivamente (Anexo 8).

#### **8.2.4. Vulnerabilidad económica**

El comercio es una de las principales actividades económicas de la población de Santa Ana, la cual puede verse afectada por la generación de inundaciones. Con relación a ello, el 68,57% de la muestra manifestó que su economía no se altera por la ocurrencia de este fenómeno; mientras que, el 31,43% restante, declara sufrir muchos estragos en su economía y quedarse sin trabajo durante y después de una inundación debido a su ubicación en la zona comercial del poblado principal.

Así mismo, en daños y pérdidas económicas, se obtuvieron los siguientes datos: el 80,36% de la muestra dijo que sus daños no sobrepasan los 500 dólares; el 9,64%, perteneciente al poblado principal, manifestó tener pérdidas entre 500 y 1500 dólares; y, tan solo el 10% de la misma zona, respondió tener pérdidas en sus negocios superiores a los 1500 dólares. Por tal motivo, la actividad de los negocios ubicados en el poblado principal disminuye poco en un 14,64%, medianamente en un 21,43% y demasiado en un 6,43%.

Tomado en consideración aquellas variables, se puede observar una vulnerabilidad económica del 38%, siendo más vulnerables la mayor zona comercial de la parroquia (Anexo 9).

### 8.3. LOS PERIODOS DE RETORNO

Analizando las precipitaciones máximas mensuales de las ocho estaciones meteorológicas consideradas en este estudio, se verificó que desde enero a mayo se centra la época lluviosa dentro del cantón Santa Ana. En este contexto, los meses de febrero, marzo y abril son los de mayor intensidad ya que, de acuerdo con los datos del INAMHI, se registró un total de 47, 45 y 44 días, respectivamente, que superaron la media multianual de precipitaciones máximas en 24 horas ( $\bar{x}$ ) de cada estación. Es decir, durante estos meses ocurren el 77% de todas las precipitaciones máximas generadas durante la época lluviosa (Tabla 26).

**Tabla 26.** Precipitaciones máximas mensuales superiores a la media multianual durante la época lluviosa

Estación	$\bar{x}$	Época Lluviosa					$\Sigma$	Meses de mayor intensidad		Mayor máxima registrada	
		E	F	M	A	M		F+M+A	%	Fecha	(mm)
M1208	67,6	3	4	9	8	0	24	21	88	Abr/08	98,3
M1077	85,0	1	5	2	3	3	14	10	71	Abr/90	116,4
M1080	82,6	1	5	1	2	1	10	8	80	Ene/89	137,6
M454	76,0	3	8	5	8	3	27	21	78	Feb/06	156,7
M464	87,0	6	8	5	3	3	25	16	64	Ene/89	128,6
M449	49,6	3	4	8	6	1	22	18	82	Mar/15	98
M447	77,2	4	7	8	8	2	29	23	79	Abr/94	117,0
M166	92,7	6	6	7	6	1	26	19	73	Mar/02	162,8
$\Sigma =$		27	47	45	44	14	$\bar{x} =$	77		-	-

Previo a la discusión de resultados de los cálculos de precipitaciones máximas para los periodos de retorno (T) y su respectivo intervalo de confianza (Tabla 27), es importante mencionar que los datos arrojados indican la posible cantidad de precipitación que caerá en el día más lluvioso del año para dentro de 5, 10, 15, 20 y 25 años. Así mismo, se indica que, como la serie de datos comprendió el 2015 como año final, el valor previsto para un periodo de retorno de 5 años se

podría presenciar en el 2020, el de 10 años para el 2025 y así consecutivamente hasta el 2040.

De esto modo, se observó que para el 2020 (T= 5 años) la cuenca alta del río Portoviejo registrará una precipitación máxima que supere los 110 mm mientras que el valle de la parroquia Santa de Vuelta Larga no excederá de los 92 mm. Sin embargo, lo más alarmante ocurriría a partir del 2030 (T= 15 años) ya que se prevé que todas las estaciones meteorológicas consideradas en el estudio registren una precipitación máxima superior a los 100 mm.

Esta última afirmación, según Ávila y Martín (2013), debe considerarse como “un importante umbral para la activación de procesos de envergadura en los cauces fluviales” porque una precipitación superior a 100 mm puede interpretarse como un posible riesgo a inundaciones. Cabe recalcar que, al realizar análisis de precipitaciones máximas enfocado en eventos extremos, es preferible utilizar el límite superior como valor de referencia (Beijo *et al.*, 2005).

**Tabla 27.** Precipitación máxima (mm) en 24 horas para los distintos periodos de retorno con su límite inferior y superior

Periodos de retorno.		Estaciones meteorológicas							
		M1208	M1077	M1080	M454	M464	M449	M447	M166
5	Precip.	81,7	100,8	100,3	94,9	101,2	67,6	90,7	113,9
	Li	71,4	89,3	87,4	81,2	90,9	54,5	80,9	98,4
	Ls	92,0	112,4	113,2	108,7	111,5	80,7	100,5	129,3
10	Precip.	93,2	113,7	114,7	110,3	112,7	82,2	101,6	131,1
	Li	82,9	102,2	101,8	96,5	102,4	69,1	91,8	115,7
	Ls	103,5	125,3	127,6	124,0	123,0	95,3	111,4	146,5
15	Precip.	99,7	121,0	122,8	118,9	119,2	90,5	107,8	140,8
	Li	89,4	109,5	109,9	105,2	108,9	77,4	98,0	125,4
	Ls	110,0	132,6	135,7	132,7	129,5	103,6	117,6	156,3
20	Precip.	104,3	126,1	128,5	125,0	123,7	96,3	112,1	147,6
	Li	94,0	114,6	115,6	111,2	113,4	83,2	102,3	132,2
	Ls	114,5	137,7	141,4	138,7	134,0	109,4	121,9	163,1
25	Precip.	107,8	130,1	132,9	129,7	127,2	100,7	115,5	152,9
	Li	97,5	118,5	120,0	115,9	116,9	87,6	105,7	137,4
	Ls	118,0	141,6	145,7	143,4	137,5	113,8	125,3	168,3

Del mismo modo, al analizar las cartografías de precipitación máxima para los periodos de retorno (Anexo 10, 11, 12, 13 y 14) se evidencia que, dentro del cantón Santa Ana, la parroquia Santa Ana de Vuelta Larga siempre registrará la menor cantidad de precipitación máxima en comparación a la zona noreste (Honorato Vásquez) y sureste (La Unión y Pueblo Nuevo) que registrarán valores máximos.

Esto significa que, en un solo día, la zona noreste y sureste recibirá una precipitación de 90-110 mm en el 2020 (T= 5 años), de 110-120 mm en el 2025 (T= 10 años), de 120-130 mm en el 2030 (T= 15 años), de 120-130 mm en el 2035 (T= 20 años) y de 120-140 mm en el 2040 (T= 25 años). Y, aunque la parroquia en estudio no llegue a registrar estas precipitaciones extremas, podría verse afectada por inundaciones debido a que se encuentra a 60 msnm, la zona más baja del cantón, donde drenan las aguas lluvias.

#### **8.4. MEDIDAS DE MITIGACIÓN**

Para poder crear las medidas de mitigación (**¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**) se consideraron los impactos observados o esperados y el potencial que tiene la parroquia Santa Ana de Vuelta Larga para prevenir o adaptarse al fenómeno de inundación.

En relación a la identificación de las necesidades, se tiene como primer indicador de la vulnerabilidad física la cercanía de las viviendas al río, que es uno de los factores más representativos de la parroquia ya que gran parte de la población se encuentra en una zona susceptible a inundaciones.

Por ello, es indispensable emprender acciones de protección a través de obras civiles para proteger los diversos asentamientos humanos. Dentro de ellos: la culminación del desazolve del río Portoviejo a cargo del Consejo Provincial, para incrementar su capacidad volumétrica y facilitar la rápida conducción del agua; la construcción de diques, muros o restauración de barreras naturales en la ribera del río, por parte del GAD Municipal del cantón Santa Ana; el refuerzo y/o elevación de infraestructura física por parte de los habitantes; y, por último, indemnizaciones por parte del sector público para que las personas salgan de la zona de riesgo.

Por otra parte, en la vulnerabilidad social se cuenta con medidas no estructurales en donde su principal finalidad es informar oportunamente a la población la ocurrencia de una posible inundación, para que se minimicen los daños y no haya pérdidas humanas. Otra medida que vale destacar es la renovación o mantenimiento del alcantarillado sanitario, debido a que el actual ya cumplió su vida útil. Todo esto debido a que los resultados de la encuesta arrojan datos sobre la falta de percepción del peligro y preparación de la población frente a este fenómeno natural.

Con respecto a la preparación de los decisores, estos cuentan con un plan de contingencia para poder afrontar esta situación; sin embargo, es importante la elaboración de mapas de peligro, planes de reordenamiento territorial, planes de protección civil y la difusión de los boletines de alerta y evacuación de personas y bienes afectables.

Con el fin de poder restaurar la vulnerabilidad ecológica es indispensable realizar programas de concientización en la población a través de capacitaciones sobre temas de: ecoturismo, agroecología y trabajo en equipo. También se podría potencializar el turismo con la finalidad de poder obtener ingresos en las comunidades de la parroquia.

Por último, la baja vulnerabilidad económica en la población se debe a su cercanía con el río, de manera que uno de los mejores beneficios para mejorarla requiere de medidas estructurales al igual que la vulnerabilidad física.

**Tabla 28.** Medidas de mitigación

Necesidades de mitigación		Opciones de mitigación	Ventajas y desventajas	
Vulnerabilidad	Actores	Estrategias	Pro	Contra
<b>Física</b> Indicador: Cercanía al río	<b>Entidades públicas:</b> GAD de Santa Ana, Gobierno Provincial, etc.	-Construcción de diques naturales en las riveras. -Creación de lagunas artificiales. -Restauración de riveras. -Desazolve del río.	-Impedimento en el rebose del río Portoviejo. -Retención de agua. -Mayor capacidad volumétrica y mejor fluidez del agua.	Demanda de maquinarias especializadas y, por lo tanto, alto costo de implementación.
<b>Social</b> Indicador: Afectación del peligro.	<b>Entidad pública:</b> GAD de Santa Ana.	-Reordenamiento del territorio. -Indemnizaciones para el desplazamiento de los hogares existentes en las áreas de inundación.	-Mejor aprovechamiento del uso del suelo. -Baja posibilidad de afectación de la población ante inundaciones.	Alto costo de implementación.
<b>Social</b> Indicador: Percepción del peligro.	<b>Entidades públicas:</b> GAD de Santa Ana, SENAGUA, SNGR, etc. <b>Instituciones educativas:</b> Colegios y Universidades.	-Charlas y capacitaciones en tema de preparación y evacuación ante un riesgo.	-Población preparada ante las inundaciones. -Nula o pocas pérdidas humanas y/o heridos. -Mejor protección de bienes muebles.	-No presenta aspecto en contra.

<p><b>Social</b> Indicador: Preparación de la población y los decisores.</p>	<p><b>Entidad pública:</b> SNGR. <b>Institución educativa:</b> Universidades (estudiantes de gestión de riesgos, comunicación social e ingeniería ambiental o civil.</p>	<p>-Creación de mapas de peligro. -Planes de protección civil -Difusión de boletines</p>	<p>-Fuentes cartográficas en la elaboración de los planes de reordenamiento territorial y protección civil. -Mejoramiento en la percepción del peligro.</p>	<p>No representa aspecto en contra.</p>
<p><b>Social</b> Indicador: Barrios insalubres</p>	<p><b>Entidad pública:</b> GAD de Santa Ana.</p>	<p>-Mantenimiento o regeneración del sistema de alcantarillado y regulación de conexiones clandestinas.</p>	<p>-Mejoramiento del sistema y rapidez de evacuación de aguas domésticas y generadas por inundaciones.</p>	<p>Alto costo de implementación.</p>
<p><b>Económica</b> Indicador: Zonas comerciales.</p>	<p><b>Entidades públicas:</b> GAD de Santa Ana, Gobierno Provincial, etc. <b>Institución educativa:</b> Universidades (estudiantes de economía o administración de empresas)</p>	<p>-Capacitación sobre el riesgo y pérdidas materiales -Capacitación sobre administración o contabilidad de negocio.</p>	<p>-Población preparada ante las inundaciones. -Nula o pocas pérdidas de insumos. -Mejor protección de artículos.</p>	<p>No presenta aspecto en contra.</p>

<p><b>Ecológica</b> Indicador: Cobertura vegetal.</p>	<p><b>Entidades públicas:</b> GAD de Santa Ana, MAGAP, MAE.</p> <p><b>Institución educativa:</b> Universidades (estudiantes de turismo e ingeniería ambiental o agropecuaria).</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Charlas de concientización ambiental.</li> <li>-Capacitaciones sobre el ecoturismo, agroecología y asociación entre agricultores con pequeñas parcelas.</li> <li>-Potencializar el ecoturismo.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Mejor uso del suelo en términos ecológicos.</li> <li>-Mayor influencia en la retención de agua por el mejoramiento de la salud y cobertura del suelo.</li> <li>-Producción agrícola de mejor calidad.</li> <li>-Ingresos económicos por la fomentación del ecoturismo.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Dificultad en el proceso de concientización ambiental (dejar los monocultivos para implementar técnicas agroecológicas).</li> <li>-Reducción de ganancias por la implementación de la agroecología.</li> <li>-Pocos recursos económicos para invertir por parte de los agricultores.</li> <li>-Poca iniciativa en la fomentación del ecoturismo.</li> </ul>
---	--	---	---	---

## **IX. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

### **9.1. CONCLUSIONES**

El 16,97% de la superficie total de la parroquia Santa Ana de Vuelta Larga es altamente susceptible a inundaciones por su baja altitud y pendiente inferior a 2,5°.

La vulnerabilidad total fue del 55% siendo la cercanía al río, la percepción del peligro, la zona comercial en el poblado principal y la deforestación, los aspectos más alarmantes en la vulnerabilidad física, social, económica y ecológica, respectivamente.

Las precipitaciones máximas en 24 horas que afectarán a la parroquia, una vez al año, serán de 92 mm para el 2020, de 103,5 mm para el 2025, de 110 mm para el 2030, de 114,5 mm para el 2035 y de 118 mm para el 2040.

### **9.2. RECOMENDACIÓN**

Aplicar las medidas de adaptación generadas en este trabajo investigativo.

## X. BIBLIOGRAFÍA

- Aguilar, S. 2005. Fórmulas para el cálculo de la muestra en investigaciones de salud. *Salud en Tabasco* 11(1-2):333-338.
- Álvarez Conoz, L. 2012. Evaluación de la vulnerabilidad físico-estructural ante inundaciones de las viviendas del municipio de Patulul, Suchitepéquez. Tesis Arq. Guatemala, GU, Universidad San Carlos de Guatemala. 132p.
- Andrade Zambrano, HV; Zambrano Andrade, EL. 2006. Análisis de amenazas, vulnerabilidad y riesgo (A-V-R) por inundaciones en las riberas del río Chone, comprendidas entre los puentes “El Bejuco” y “El Olimpo”. Tesis Ing. Hid. Chone, EC, Pontificia Universidad Católica del Ecuador. 115p.
- Angelone, S; Garibay, MT; Cauhapé, M. 2006. Permeabilidad de los suelos. Universidad Nacional del Rosario, Santa Fe, AR. Consultado 5 jun. 2017. Disponible en <http://www.fceia.unr.edu.ar/geologiaygeotecnia/Permeabilidad%20en%20Suelos.pdf>
- Ávila Parra, K; Martín Vide, J. 2013. Análisis estadístico de los eventos extremos de precipitación en la zona centro y sur de Chile continental. *Cuadernos Geográficos* 52(1):69-83.
- Beijo, LA; Muniz, JA; Neto, PC. 2005. Tempo de retorno das precipitações máximas em Lavras (MG) pela distribuição de valores extremos do tipo I. *Ciências e Agrotecnologias* 29(3):657-667.
- BID; MINAE; SINAC; DDC (Banco Interamericano de Desarrollo; Ministerio de Ambiente y Energía; Sistema Nacional de Áreas de Conservación; Dirección de Cambio Climático, CR). 2015. Estrategia y plan de acción para la adaptación del sector biodiversidad de Costa Rica al cambio climático (2015-2025). San José, Costa Rica. 68p
- Borfitz, A; Bosch, D. 2008. Permeabilidad – Trabajo práctico de laboratorio N°5 (en línea). Universidad Nacional del Nordeste, Corrientes, AR. Consultado 5 jun. 2017. Disponible en <http://ing.unne.edu.ar/pub/Geotecnia/2k8-04-10/15-p.pdf>
- Capel Molina, JJ. 1998. El Niño 1997-98 y su impacto climático global. *Papeles de Geografía* no. 27:15-40.
- Castellano Barrero, DF. 2010. Aplicación de los sistemas de información geográfica en el ordenamiento territorial. *Ventana informática* no. 22:39-53.
- CENAPRED (Centro Nacional de Prevención de Desastres, MX). 2014. Inundaciones. México, MX. 56p.

- Chardon, AC; González, JL. 2002. Indicadores para la gestión de riesgo (en línea). Manizales, CO. Consultado 5 ene. 2017. Disponible en <http://idea.unalmz.edu.co/>
- CIFOR (Centro para la Investigación Forestal Internacional, ID). 2013. Bosques y agua: lo que deberían de saber los formuladores de políticas (en línea). Bogor, ID. 2p. Consultado 18 feb. 2017. Disponible en <http://www.cifor.org/>
- CLIRSEN y CGSIN (Centro de Levantamientos Integrados de Recursos Naturales por Sensores Remotos y Coordinación General del Sistema de Información Nacional, EC). 2012. Generación de geoinformación para la gestión del territorio a nivel nacional a escala 1:25000 - Memoria técnica del cantón Santa Ana: clima e hidrología. Quito, EC. 27p.
- CLIRSEN y MAGAP (Centro de Levantamientos Integrados de Recursos Naturales por Sensores Remotos y Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca, EC). 2012a. Generación de geoinformación para la gestión del territorio a nivel nacional a escala 1:25000 - Memoria técnica del cantón Santa Ana: geomorfología. Quito, EC. 85p.
- CLIRSEN y MAGAP (Centro de Levantamientos Integrados de Recursos Naturales por Sensores Remotos y Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca, EC). 2012b. Generación de geoinformación para la gestión del territorio a nivel nacional a escala 1:25000 - Memoria técnica del cantón Santa Ana: geopedología. Quito, EC. 122p.
- Código Orgánico de Ordenamiento Territorial, Autonomías y Descentralización. 2010. Quito-Ecuador: Registro Oficial Suplemento 303, 19-10.
- Código Orgánico de Planificación y Finanzas Públicas. 2010. Quito-Ecuador: Registro Oficial Suplemento 306, 22-10.
- Colmenares, R. 2011. Inundaciones: ¿desastre natural o cultural? Deslinde no. 48:45-51.
- Constitución de la República del Ecuador. 2008. Quito-Ecuador: Registro Oficial 449, 20-10.
- Correa-Macana, E; Comim, F. 2013. Mudanças climáticas e desenvolvimento humano: uma análise baseada na Abordagem das Capacitações de Amartya Sen. Economía, sociedad y territorio 13(43):577-618.
- Diario Expreso, EC. 2016. Manabí: 6 mil hectáreas de cultivos perdidas (en línea). Guayaquil, EC. Consultado 5 ene. 2017. Disponible en <http://expreso.ec/>
- El Diario, EC. 2015. "El niño" que dejó dolor y llanto (en línea). Portoviejo, EC. Consultado 5 ene. 2017. Disponible en <http://www.eldiario.ec/>

- El Diario, EC. 2016. Anuncian nuevas crecientes del río e inundaciones en Manabí (en línea). Portoviejo, EC. Consultado 5 ene. 2017. Disponible en <http://www.eldiario.ec/>
- Ellis, EA; Romero, JA; Hernández, IU; Gallo, CA; Alanís, JL. 2012. Evaluación geográfica de áreas susceptibles a inundación en la cuenca del río Tuxpan, Veracruz. *Avances en Investigaciones Agropecuarias* 16(2):7-28.
- Felicísimo, AM. 2014. Descripción y análisis del relieve (en línea). Universidad de Oviedo, Asturias, ES. Consultado 5 jun. 2017. Disponible en [http://www6.uniovi.es/~feli/CursoMDT/Tema\\_4.pdf](http://www6.uniovi.es/~feli/CursoMDT/Tema_4.pdf)
- Flores Corona, L; López Bátiz, O; Pacheco Martínez, MA; Reyes Salinas, C; Rivera Vargas, D. 2006. Guía básica para la elaboración de atlas estatales y municipales y riesgos: evaluación de la vulnerabilidad física y social. 1 ed. México, MX. 166p.
- Foschiatti, AM. 2012. Vulnerabilidad global y pobreza: consideraciones conceptuales (en línea). Corrientes, AR. Consultado 5 jun. 2017. Disponible en: <http://hum.unne.edu.ar/revistas/geoweb/Geo2/archivos/vulglobal.pdf>
- GAD de La Paz (Gobierno Autónomo Descentralizado de La Paz, EC). 2015. Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial 2015-2019. La Paz, EC. 175p.
- GAD de Santa Ana (Gobierno Autónomo Descentralizado de Santa Ana, EC). 2015. Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial del cantón Santa Ana 2015-2019. Santa Ana, EC. 238p.
- Gutiérrez Lozano, J; Vargas Tristán, V; Romero Rodríguez, M; Plácido de la Cruz, JM; Aguirre Bortoni, MJ; Silva Espinoza, HT. 2011. Periodos de retorno de lluvias torrenciales para el estado de Tamaulipas, México. *Investigaciones Geográficas* no. 76:20-33.
- Gutiérrez Ossa, JA; Urrego Estrada, GA. 2011. Los sistemas de información geográfica y los planes de ordenamiento territorial en Colombia. *Perspectiva Geográfica* 16:247-266.
- Hartmann, M; Moala, FA; Mendoça, M. 2011. Estudo das precipitações máximas anuais em Presidente Prudente. *Revista Brasileira de Meteorologia* 26(4):561-568.
- Hermenejildo, AV. 2015. Modelo de amenaza por inundación en el manejo de microcuencas de drenajes a escala 1:25.000, caso para el sector de monte Sinaí-Ecuador. Tesis Máster en SIG, Quito, EC, Universidad San Francisco de Quito. 103p.
- Hernández Atencia, Y; Ramírez Arcila, H. 2016. Evaluación del riesgo asociado a vulnerabilidad física por taludes y laderas inestables en la microcuenca Cay, Ibagué, Tolima, Colombia. *Ciencia e ingeniería neogranadina* 26(2):111-128.

- IEE (Instituto Ecuatoriano Espacial, EC). 2012. Generación de geoinformación para la gestión del territorio a nivel nacional a escala 1:25000 - Memoria técnica del cantón Santa Ana: componente socioeconómico y cultural. Quito, EC. 85p.
- IEE y SINAGAP (Instituto Ecuatoriano Espacial y Sistema de Información Nacional de Agricultura, Ganadería, Acuicultura y Pesca, EC). 2012. Generación de geoinformación para la gestión del territorio a nivel nacional a escala 1:25000 - Memoria técnica del cantón Santa Ana: componente sistemas productivos. Quito, EC. 109.
- INEC (Instituto Nacional de Estadísticas y Censo, EC). 2010. Censo de población y vivienda (en línea). Quito, EC. Consultado el 5 ene. 2017. Disponible en <http://www.ecuadorencifras.gob.ec/>
- INEGI (Instituto Nacional de Estadística y Geografía, MX). 2014. Sistema de Información Geográfica (en línea). México DF, MX. Consultado el 5 ene. 2017. Disponible en <http://inegi.org.mx>
- Instituto de Estudios Catalanes. 2010. Procesos de degradación y control. Degradación de los suelos. Barcelona, ES. Consultado 5 jun. 2017. Disponible en: <http://www.iec.cat/mapasols/Cas/Processos.asp>
- IPCC (Grupo Intergubernamental de Expertos Sobre el Cambio Climático, CH). 2014. Cambio climático 2014: Impactos, adaptación y vulnerabilidad. Suiza. 40p.
- Iwama, AY; Batistela, M; Ferreira, LC; Alves, DS; Ferreira, LC. 2016. Risco, vulnerabilidade e adaptações às mudanças climáticas: uma abordagem interdisciplinar. Ambiente & Sociedade 9(2): 95-118.
- Jiménez Noboa, S; Castro, L; Yépez, J; Wittmer, C. 2012. Impacto del cambio climático en la agricultura de subsistencia en el Ecuador. Madrid, ES. 95p.
- La Hora, EC. 2012. Santa Ana sufrió la inundación más fuerte (en línea). Quito, EC. Consultado 5 ene. 2017. Disponible en <http://lahora.com.ec/>
- La República, EC. 2017. Unas 2.500 familias afectadas por inundaciones en Manabí. Quito, EC. Consultado el 1 may. 2017. Disponible en <http://www.larepublica.ec>
- Ley de seguridad pública y del Estado. 2010. Quito-Ecuador: Registro Oficial Suplemento 290, 30-09.
- Lizarazo Salcedo, IA; Alfonso Carvajal, OA. 2011. Aplicaciones de la agricultura de precisión en palma de aceite "Elaeis Guineensis" e híbrido O x G. Revista de Ingeniería no. 33:124-130.
- López Falcón, R. 2002. Degradación del suelo: causas, procesos, evaluación e investigación. (Segunda ed.). Mérida, Venezuela: Talleres Gráficos del CIDIAT.

- Loyola Gómez, C; Rivas Maldonado, J; Gacitúa Rojas, MJ. 2014. Permeabilidad del suelo de la cuenca del río Chillán, entre Estero Peladillas y río Ñuble, Chile. Cuadernos de Geografía 24(1):73-86.
- MAE (Ministerio de Ambiente, EC). 2009. Estudio de vulnerabilidad actual a los riesgos climáticos en el sector de los recursos hídricos en las cuencas de los Ríos Paute, Jubones, Catamayo, Chone, Portoviejo y Babahoyo. Quito, EC. 55p.
- MAE (Ministerio del Ambiente, EC). 2011. Segunda Comunicación Nacional sobre el Cambio Climático. Quito, EC. 263p.
- MAE (Ministerio del Ambiente, EC). 2015. Plan Nacional de Cambio Climático 2015-2018. Quito, EC. 55p.
- Mancebo Quintana, S; Ortega Pérez, E; Valentín Criado, AC; Martín Ramos, B; Martín Fernández, L. 2008. LibroSIG: aprendiendo a manejar los SIG en la gestión ambiental. 1 ed. Madrid, ES. 109p.
- Mélice, JL; Reason, JC. 2007. Return period of extreme rainfall at George, South Africa. South African Journal of Science 103(11-12):499-501.
- Mendoza Castillo, M; Mastarreno Cedeño, H. 2007. Estudios de los fenómenos climáticos sequía y fenómeno de "El niño" en el sector agropecuario del valle del río Portoviejo, provincia de Manabí. Tesis Ing. Agr. Portoviejo, EC, Universidad Técnica de Manabí.
- Mendoza Mejía, JB; Orozco Hernández, ME. 2014. Análisis de la vulnerabilidad biofísica a los riesgos por inundación en la zona metropolitana de Toluca, México. Luna Azul no. 38:86-104
- Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente. 2014. Cambio Climático: Impactos, Adaptación y Vulnerabilidad. Madrid, ES. 58p.
- Montecelos Zamora, Y; Batista Sánchez, D; Puebla, AR; Zaldivar Suarez, N; Batista Cruz, Y. 2011. Diseño metodológico para la elaboración de mapas de peligrosidad por inundaciones. Geografía y Sistemas de Información Geográfica 3(3):32-45.
- Montoya Ayala, R; García Palomares, JC; Padilla Ramírez, J. 2004. Utilización de un SIG para la determinación del impacto ambiental generado por actividades agrícolas, ganaderas e industriales: el caso del valle de Zapotitlán en la reserva de la biósfera de Tehuacán Cuicatlán. Boletín de la A.G.E. no. 38:115-129.
- Nolivos Alvarez, I; Santos Davila, J. 2009. Estudio del impacto de los eventos el niño 1991-1992 y 1997-1998 sobre los rendimientos de cultivos de arroz y maíz en el litoral ecuatoriano. Guayaquil, EC. 8p.

- Noriega, OJ; Gutiérrez Rojas, Y; Rodríguez Barrios, J. 2011. Análisis de la vulnerabilidad y el riesgo a inundaciones en la cuenca baja del río Gaira, en el Distrito de Santa Marta. *Prospect* 9(2):93-102.
- Olivera Acosta, J; Martín Morales, G; García Rivero AE; Jaimez Salgado, E; López, ML; Estrada, R; Campos Dueñas, M. 2011. El uso de los SIG y la evaluación multicriterio (EMC) para la determinación de escenarios de peligros de inundaciones en cuencas fluviales. estudio de caso cuenca Guanabo. Ciudad de La Habana. X Congreso Cubano de Informática y Geociencias. 14p.
- Pedroso Herrera, II; Fundora Granda, M; Núñez Pradera, JC; Guerra Oliva, M; Olivera, J. 2014. Metodología para la realización de los estudios de peligro, vulnerabilidad y riesgos de desastres de inundación por intensas lluvias. CU. 110p.
- PNUMA (Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente, KE). 2013. Guía para la evaluación de la vulnerabilidad, impactos y adaptación al cambio climático. Kenia. 26p.
- Quispe Torres, JA; Sullca Otazu, RF. 2015. Aplicación del modelo matemático HEC-RAS para el cálculo del perfil hidráulico del río Ramis. Tesis Ing. Civ. Juliaca, PE. 160 p.
- Rodríguez Entrena, M. 2007. Potencialidad de las técnicas SIG para la gestión medioambiental: aplicación al estudio de la erosión. *Revista electrónica de medioambiente* 3:76-89.
- Ruiz Rivera, N. 2012. La definición y medición de la vulnerabilidad social. Un enfoque normativo. *Investigaciones Geográficas* no. 77:63-74.
- SNGR (Secretaría Nacional de Gestión de Riesgos, EC). 2016. Consolidado de Eventos Adversos y Afectaciones. (en línea). Consultado 5 abr. 2017. Disponible en <https://eventosadversos.gestionderiesgos.gob.ec/index.php>
- Soldano, A. 2009. Conceptos sobre riesgos. Córdoba, AR. 5p.
- Thielen, D; Cevallos, J; Erazo, T; Zurita, IS; Figueroa, J; Velásquez, G; Matute, N; Quintero, JI; Puche, ML. 2016. Dinámica espacio-temporal de las precipitaciones durante el evento de El Niño 97/98 en la cuenca de Río Portoviejo, Manabí, costa ecuatoriana del Pacífico. *Revista de Climatología* 16:35-50.
- Thomas Bohórquez; JE. 2013. Evaluación de la vulnerabilidad social ante amenazas naturales en Manzanillo (Colima). Un aporte de método. *Investigaciones geográficas* no. 81:79-93.
- Torres, A. 2017. Afectación de la parroquia Santa Ana de Vuelta Larga en la inundación sufrida el 8 de abril del 2017 (entrevista). Santa Ana de Vuelta Larga, EC. GAD de Santa Ana. (arian07topo@hotmail.com)

- Torres, LO. 2015. SIG aplicado a la zonificación por amenaza de inundación en la cuenca del río Polochic, Alta Verapaz, Guatemala. Tesis Máster en SIG, Quito, EC, Universidad San Francisco de Quito. 97p.
- Triviño Pérez, A; Ortiz Rojas, S. 2004. Metodología para la modelación distribuida de la escorrentía superficial y la delimitación de zonas inundables en Ramblas y Ríos-Rambla mediterráneos. Investigaciones Geográficas no. 35:67-83.
- UDAPE (Unidad de Análisis de Políticas Sociales y Económicas, BO). 2015. Vulnerabilidad poblacional al riesgo de desastres en Bolivia. Bolivia. 122p.
- Vera, T.J. 2015. Estudio integral de riesgos en una zona sujeta a amenazas, para generar escenarios de riesgo usando herramientas SIG e información técnica. Tesis Máster en SIG, Quito, EC, Universidad San Francisco de Quito. 116p.
- Willingshofer, AB. 2016. Estrategias de adaptación al cambio climático basadas en ecosistemas en Colombia y Ecuador (en línea). Bogotá, CO. Consultado 5 ene. 2017. Disponible en <https://www.giz.de/>
- Zubieta, R; Quijano, J; Latinez, K; Guillermo, P. 2012. Evaluación de zonas de peligro frente a inundaciones por máximas avenidas. Manejo de riesgos de desastres ante eventos meteorológicos extremos en el valle del Mantaro in Manejo de riesgos de desastres ante eventos meteorológicos extremos en el valle del Mantaro, Instituto Geofísico del Perú. 101p.

### **Bases cartográficas**

- IEE (Instituto Espacial Ecuatoriano, EC). 2012. Geomorfología del Ecuador. Esc. 1:25000.
- IEE (Instituto Espacial Ecuatoriano, EC). 2012. Geopedología del Ecuador. Esc. 1:25000.
- IGM (Instituto Geográfico Militar, EC). 2013. Límites administrativos. Esc. 1:250000.
- IGM (Instituto Geográfico Militar, EC). 2016. Curvas de nivel. Esc. 1:50000.
- IGM (Instituto Geográfico Militar, EC). 2016. Puntos acotados. Esc. 1:50000.
- IGM (Instituto Geográfico Militar, EC). 2016. Río (Zona: 8417S). Esc. 1:50000.
- INAMHI (Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología, EC). 2015. Red de estaciones meteorológicas del Ecuador. Esc. 1:50000.
- MAGAP (Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuicultura y Pesca, EC). 2003. Taxonomía de suelos. Esc. 1:250000.

SUIA (Sistema Único de Información Ambiental, EC). 2016. Cobertura y suelo de la tierra del 2000. Esc. 1:100000.

SUIA (Sistema Único de Información Ambiental, EC). 2016. Cobertura y suelo de la tierra del 2014. Esc. 1:100000.

SUIA (Sistema Único de Información Ambiental, EC). 2016. Deforestación entre 1990 y 2000. Esc. 1:100000.

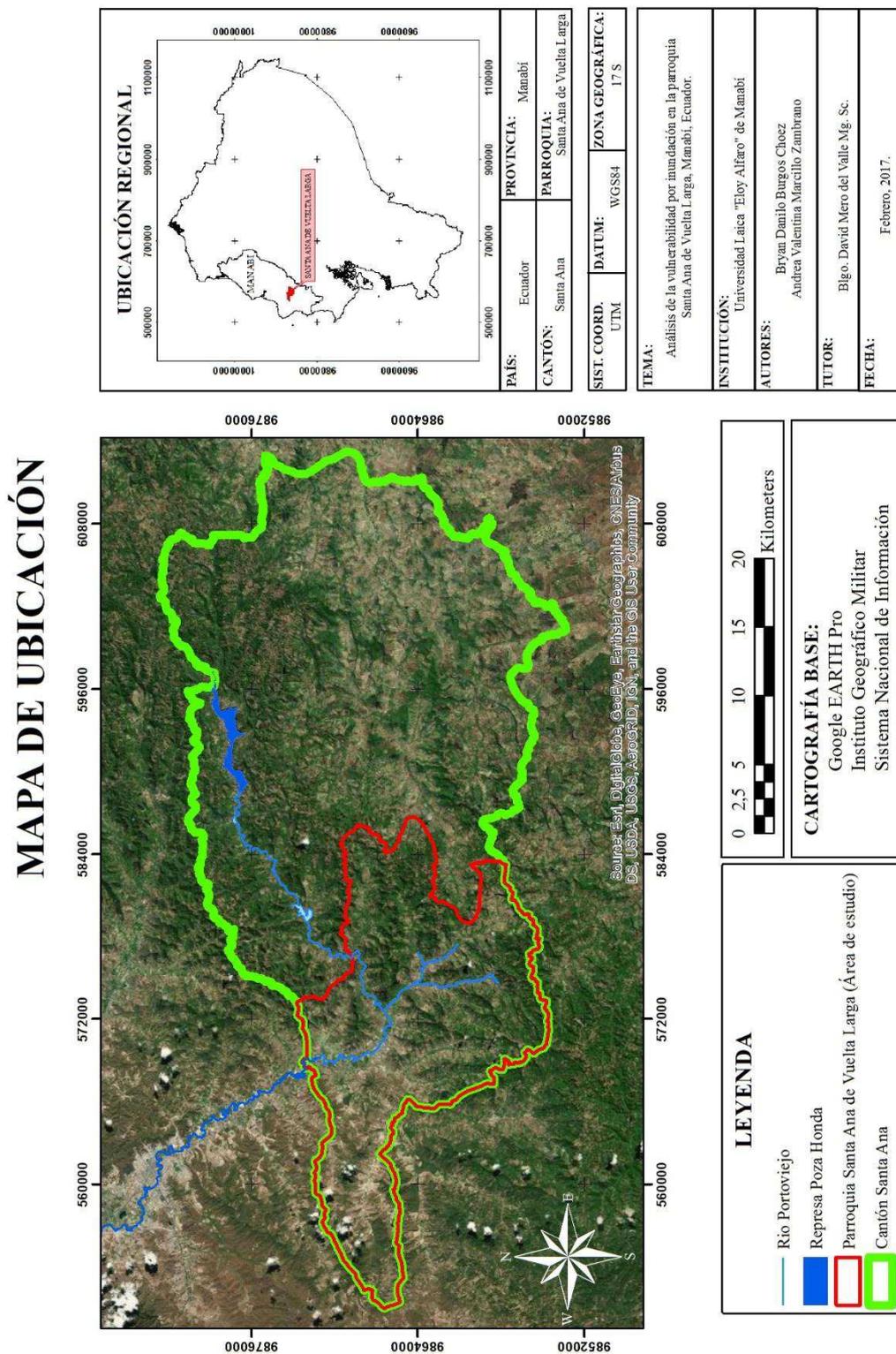
SUIA (Sistema Único de Información Ambiental, EC). 2016. Deforestación entre 2008 y 2014. Esc. 1:100000.

SUIA (Sistema Único de Información Ambiental, EC). 2016. Ecosistemas frágiles. Esc. 1:100000.

SUIA (Sistema Único de Información Ambiental, EC). 2016. Fragmentación de ecosistemas. Esc. 1:100000.

# XI. ANEXO

## Anexo 1. Cartografía del área de estudio.



**Anexo 2.** Formato de encuesta realizado a la muestra para determinar la vulnerabilidad.

**ENCUESTA A MORADORES**

"Análisis de la vulnerabilidad por inundación en la parroquia Santa Ana y predicciones de precipitaciones máximas para distintos periodos de retorno".

DATOS GENERALES					
Nombre del barrio:					
Habitantes en casa:	Hombre(s):	Mujer(es):	Adulto mayor:	Niños:	
Material de construcción:					
Conservación:	Buena ( )	Media ( )	Mala ( )		
Cercanía al río:	<200 ( )	200-400 ( )	400-600 ( )	>600 ( )	

1. PERCEPCIÓN DEL PELIGRO POR LA POBLACIÓN Y LOS DECISORES			
	SI	NO	OBSERVACIÓN
1.1. Há oído hablar del riesgo de inundación?			
1.2. ¿Creen que viven en un área propensa a inundaciones?			
1.3. ¿Ha tenido algún daño material por alguna inundación?			
1.4. ¿Algún desastre natural ha afectado a su barrio?			
1.5. ¿Han recibido algún tipo de información sobre las inundaciones sucedidas en la zona en la que viven?			
1.6. ¿Le preocupa que se puedan generar más inundaciones?			
1.7. ¿Posee un botiquín de provisiones?			
1.8. ¿Conoce áreas seguras para protegerse durante una inundación?			

2. BARRIOS INSALUBRES Y PRESENCIA DE RESIDUOS SÓLIDOS EN CALLES			
	SI	NO	OBSERVACION
2.1. ¿Con qué frecuencia pasa el carro recolector de basura?			
2.2. ¿Con qué frecuencia se realiza el barrido de las calles?			
2.3. ¿Hay personas que sacan basura en horas inadecuados?			
2.4. ¿Conoce algún vertedero cercano?			
2.5. ¿Suelen presentarse plagas después de inundaciones?			

3. PREPARACIÓN DE LA POBLACIÓN Y LOS DECISORES			
	SI	NO	OBSERVACION
3.1. ¿Existen albergues cercanos a su vivienda?			
3.2. ¿El GAD ha realizado charlas sobre inundaciones?			
3.3. ¿Han recibido ayuda del GAD durante una inundación?			
3.4. ¿En época lluviosa, tienen fallas en los servicios públicos?			

4. NIVEL ECONÓMICO PARA RECUPERARSE DESPUÉS DE INUNDACIONES					
	1	2	3	4	OBSERV.
4.1. ¿Qué tan afectada se vio su economía durante y después de las inundaciones?	Ninguna	Escaso alimento	Sin trabajo	Robo	
4.2. Pasadas las inundaciones, los daños de su vivienda y pérdidas materiales ascienden a:	< \$500	\$500 < \$1000	\$1000 < \$1500	> \$1500	
4.3. ¿El negocio disminuyó?	No	Poco	Bastante	Mucho	

**Anexo 3.** Formato de encuesta realizado a autoridades para determinar la vulnerabilidad.

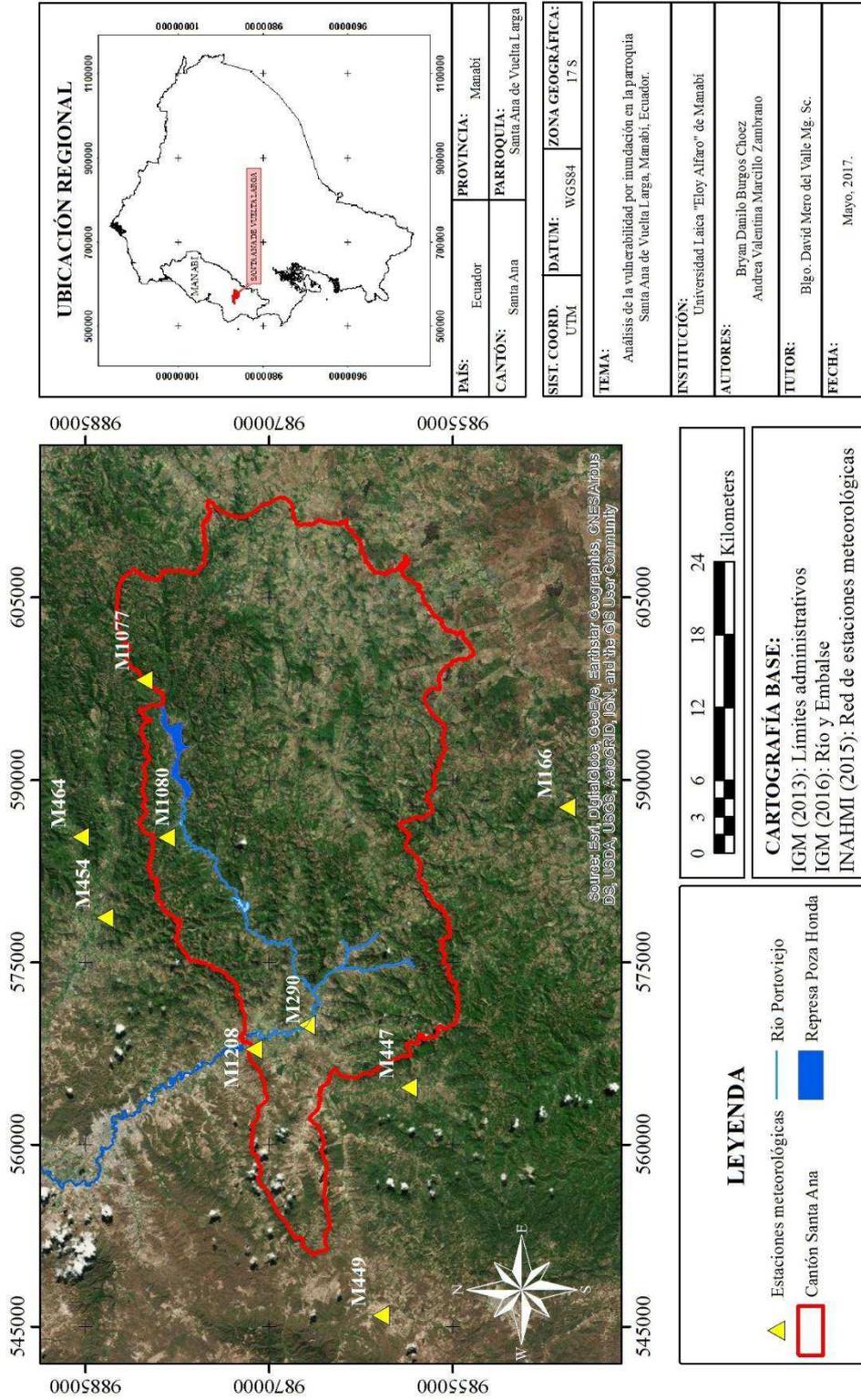
**ENCUESTA A AUTORIDADES**

"Análisis de la vulnerabilidad por inundación en la parroquia Santa Ana y predicciones de precipitaciones máximas para distintos periodos de retorno".

<b>DATOS GENERALES</b>			
Entidad:			
Área:			
<b>1. PREPARACIÓN DE LA POBLACIÓN Y LOS DECISORES</b>			
	<b>SI</b>	<b>NO</b>	<b>OBSERVACION</b>
1.1. ¿El GAD Municipal cuenta con albergues?			
1.2. ¿El GAD Municipal cuenta con Planes de Emergencia ante desastres naturales como inundaciones?			
evacuación ante desastres naturales (específicamente inundaciones)?			
1.3. ¿En qué porcentaje creen que la población de Santa Ana se encuentra preparada ante la ocurrencia de inundaciones?			
1.5. ¿Qué políticas y programas se están implementando o se implementarán para mejorar la preparación ante los eventos de riesgo?			
1.5.1. Estrategias de gestión de inundaciones			
1.5.2. Planes de evacuación			
1.5.3. Planes de emergencia			
1.5.4. Transferencia de conocimiento sobre riesgo			

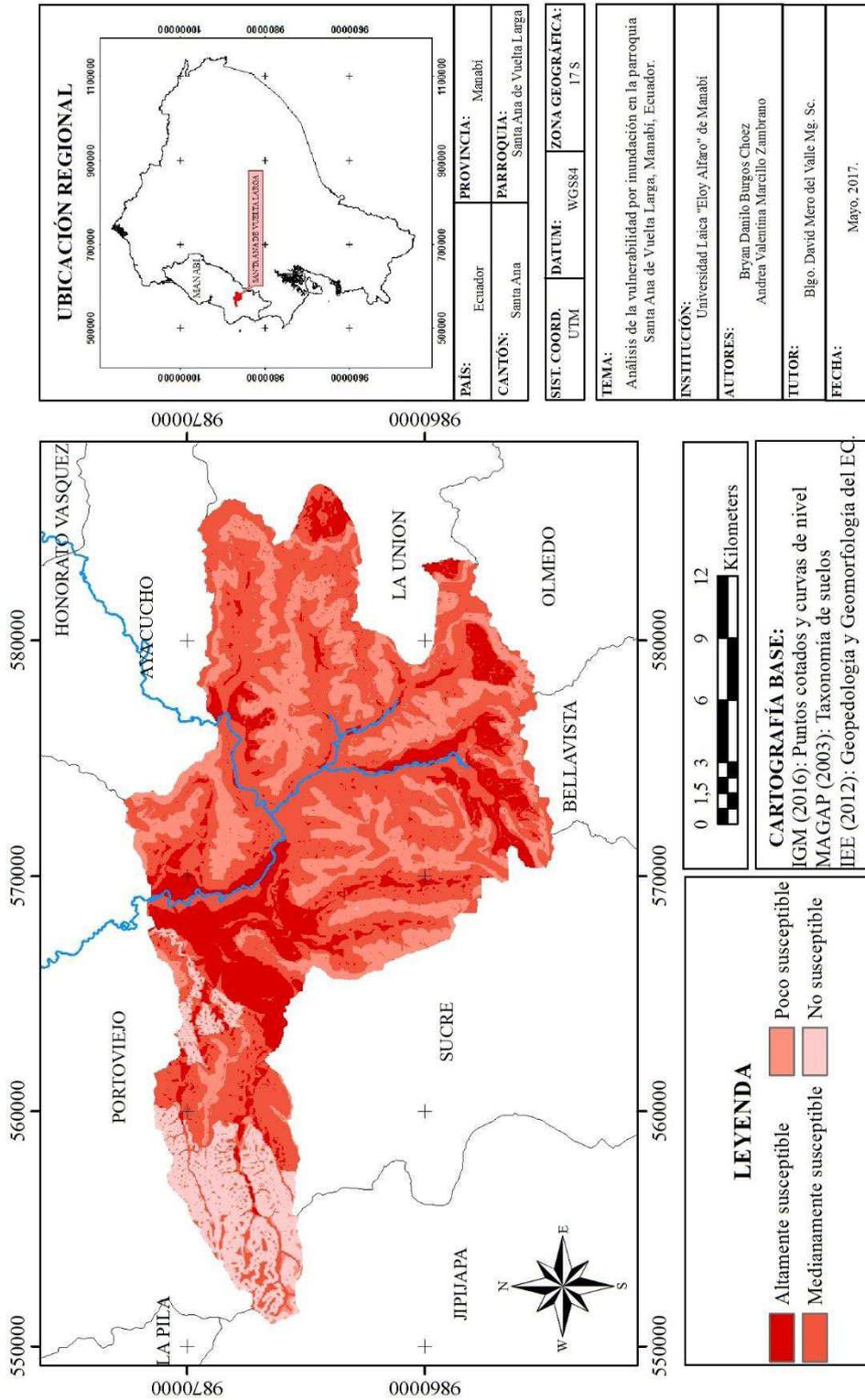
**Anexo 4.** Red de las 9 estaciones meteorológicas consideradas en el presente estudio.

**MAPA DE RED DE ESTACIONES METEOROLÓGICAS**



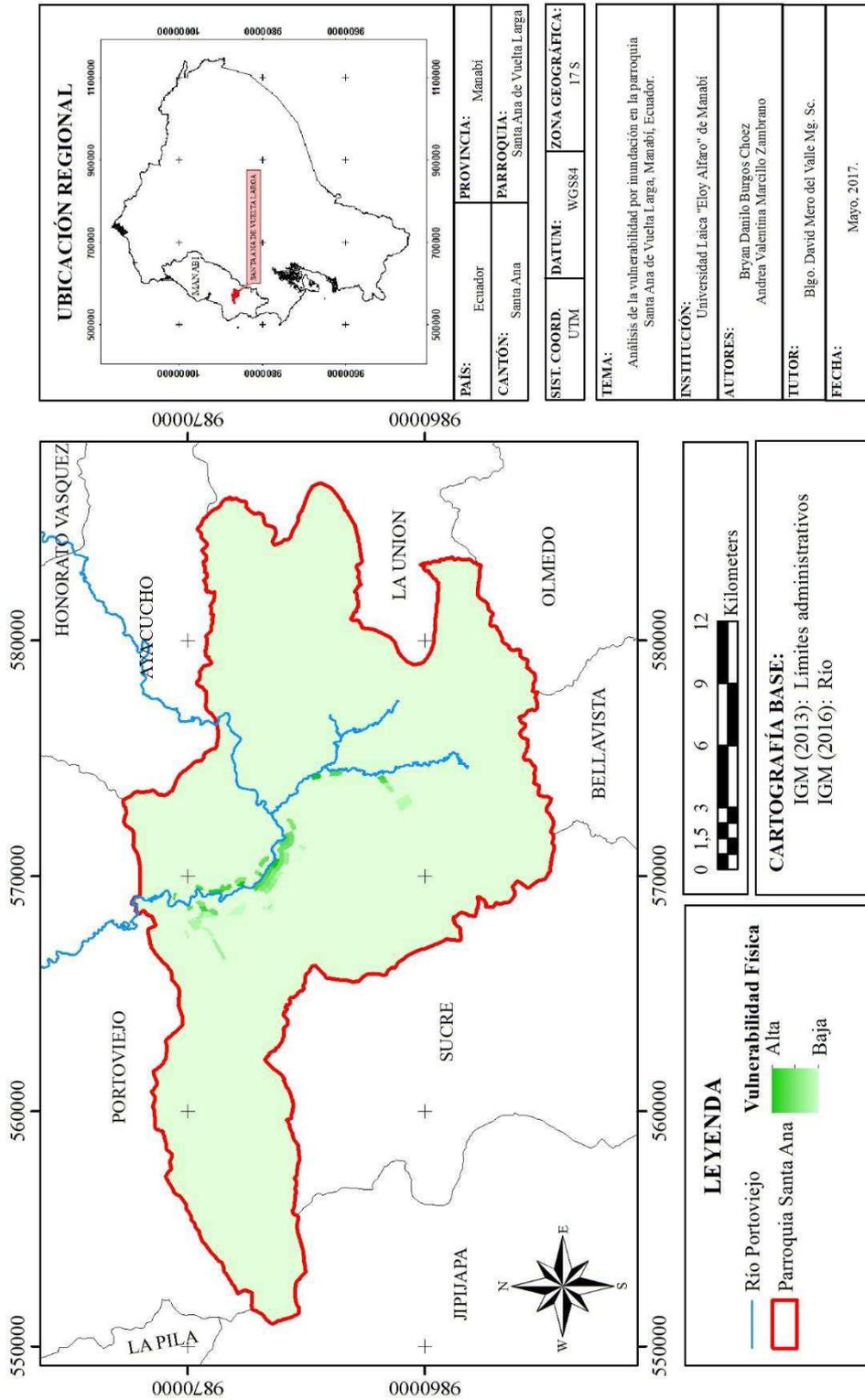
**Anexo 5. Cartografía de áreas susceptibles a inundaciones de la parroquia Santa Ana de Vuelta Larga.**

**MAPA DE ÁREAS SUSCEPTIBLES A INUNDACIONES**



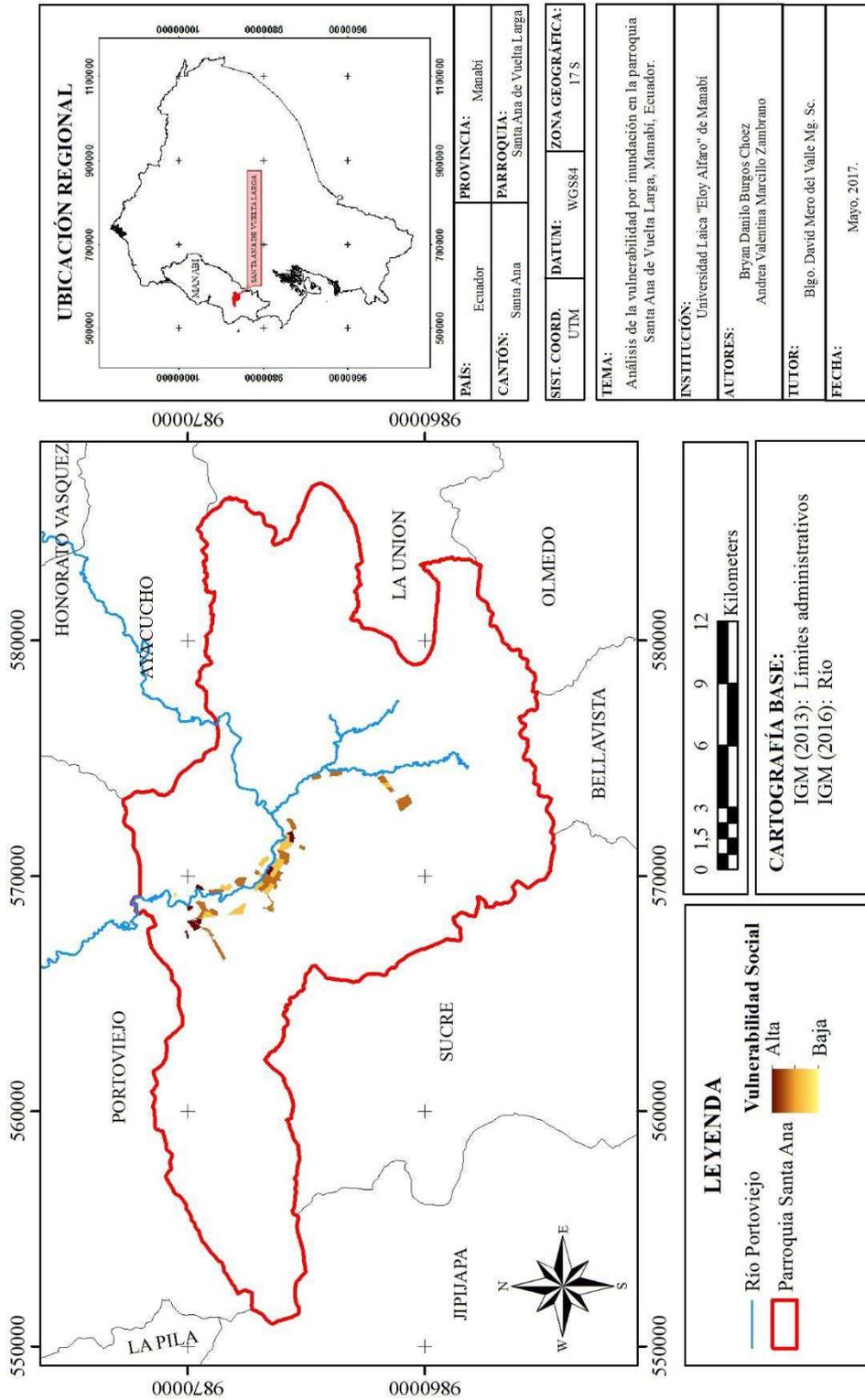
**Anexo 6.** Cartografía de la vulnerabilidad física de la parroquia Santa Ana de Vuelta Larga.

**MAPA DE VULNERABILIDAD FÍSICA**



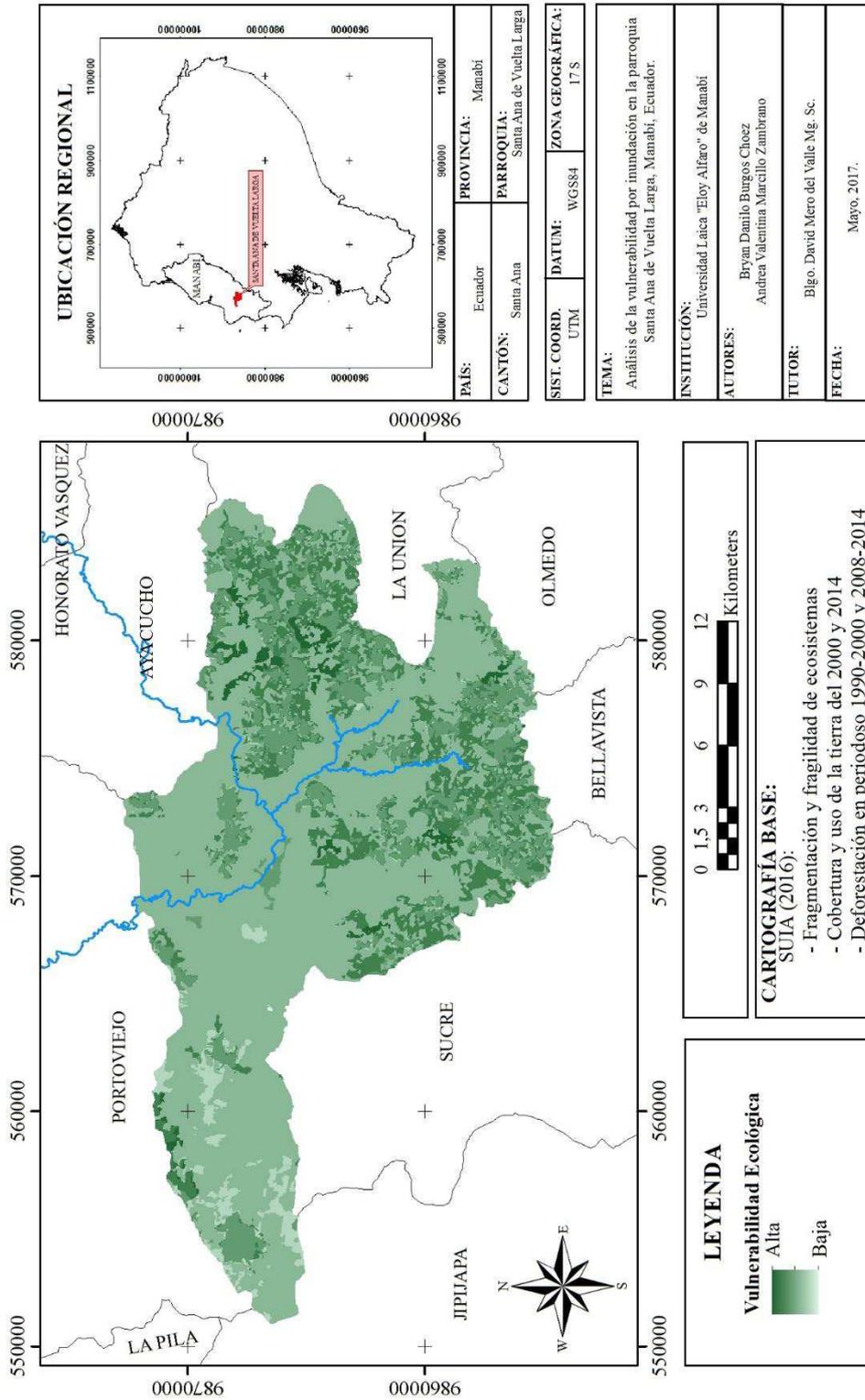
**Anexo 7. Cartografía de la vulnerabilidad social de la parroquia Santa Ana de Vuelta Larga.**

**MAPA DE VULNERABILIDAD SOCIAL**



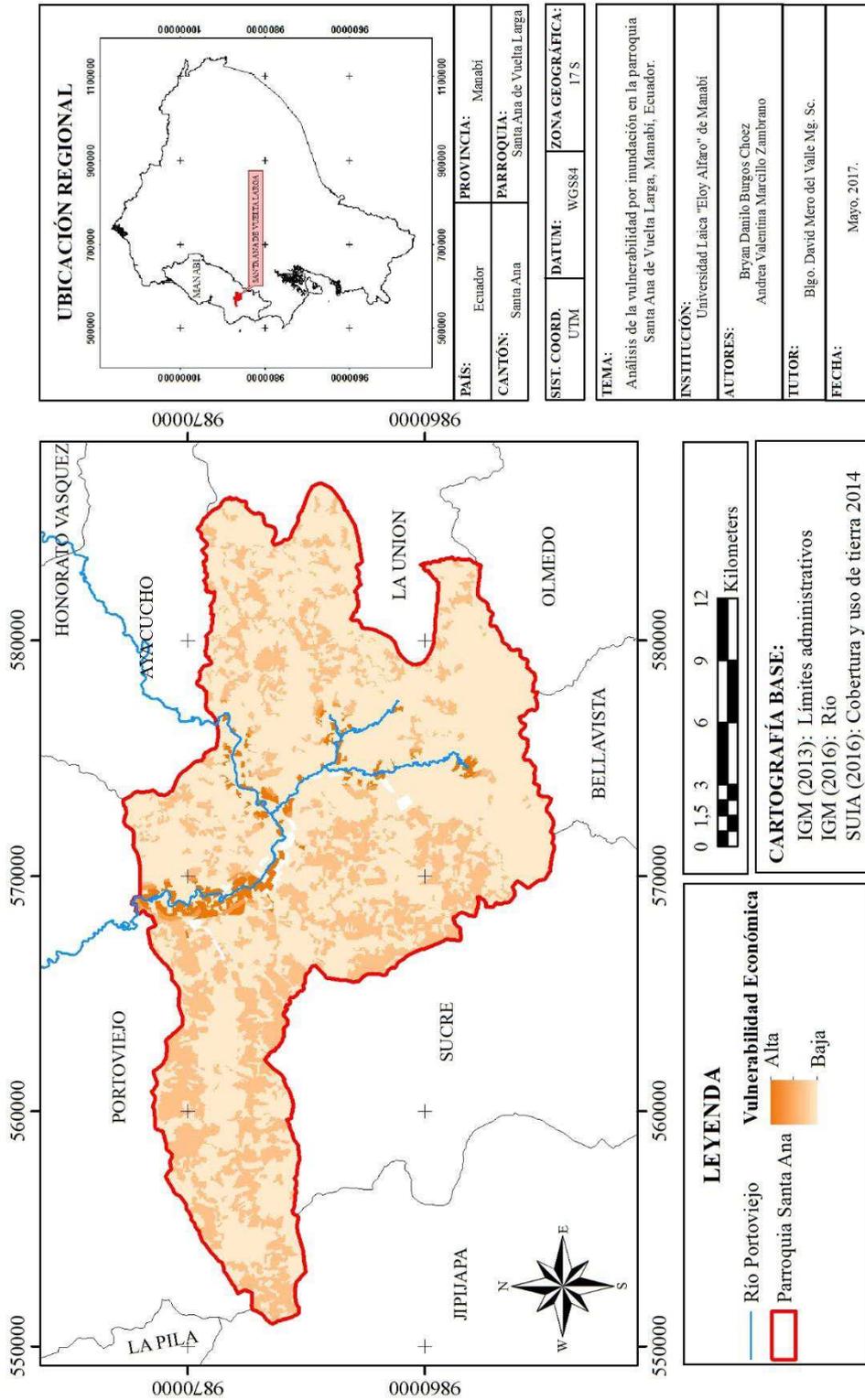
**Anexo 8.** Cartografía de la vulnerabilidad ecológica de la parroquia Santa Ana de Vuelta Larga.

**MAPA DE VULNERABILIDAD ECOLÓGICA**



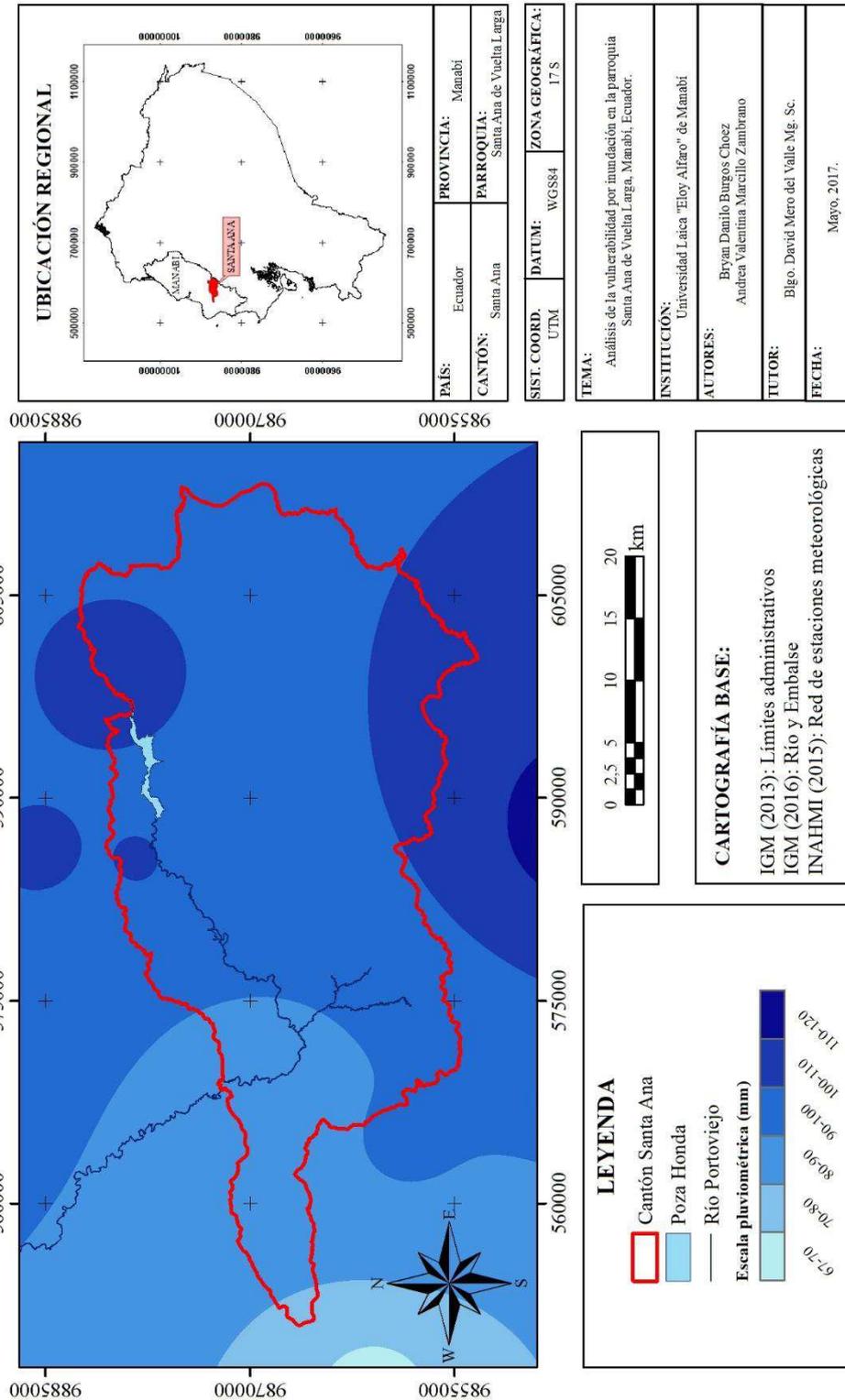
**Anexo 9. Cartografía de la vulnerabilidad económica de la parroquia Santa Ana de Vuelta Larga.**

**MAPA DE VULNERABILIDAD ECONÓMICA**



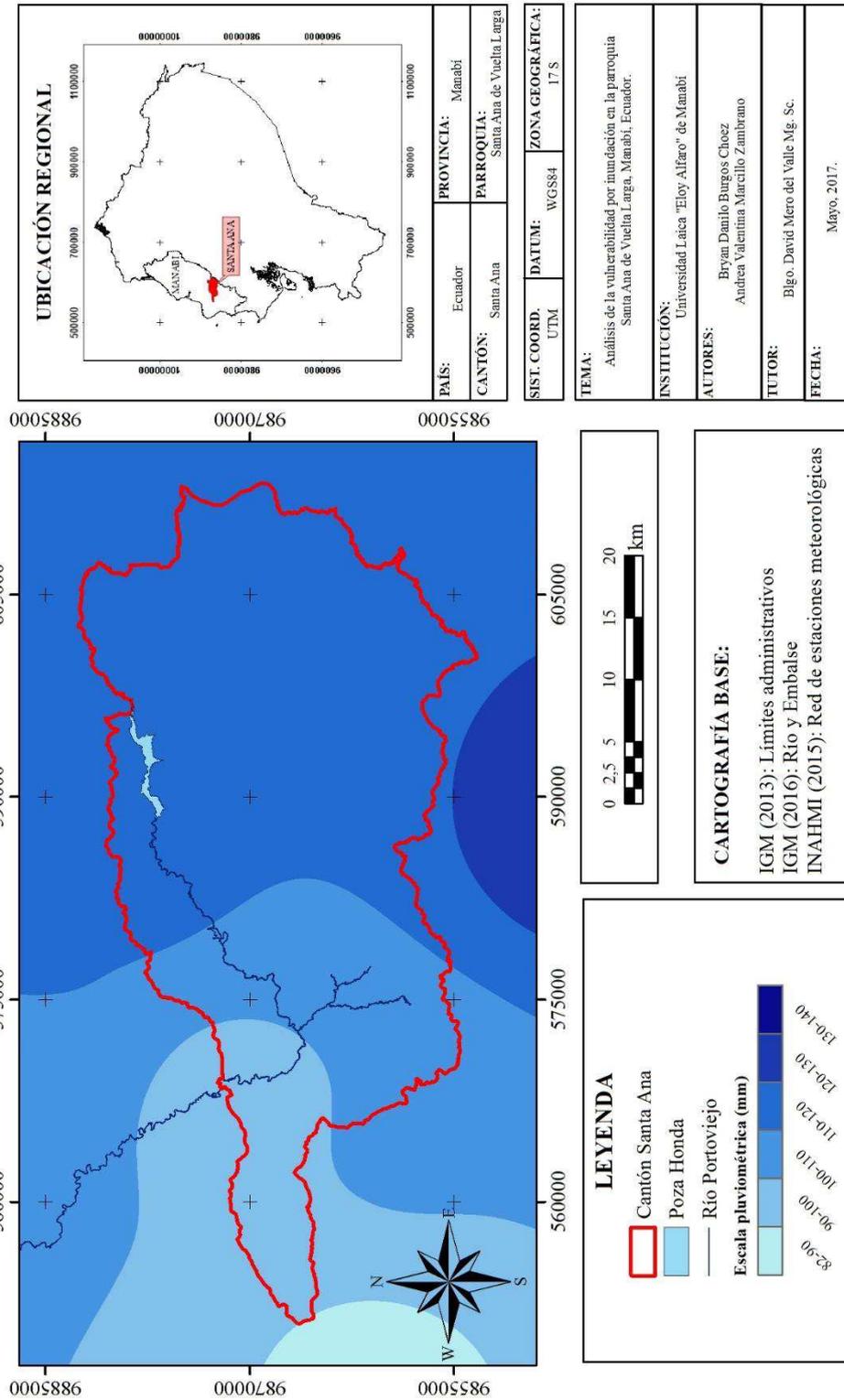
**Anexo 10.** Cartografía de precipitación máxima en 24 horas que el cantón Santa Ana registrará en el 2020 (T= 5 años).

**PRECIPITACIÓN MÁXIMA EN 24 HORAS PARA EL 2020 (T= 5 AÑOS)  
CANTÓN SANTA ANA**

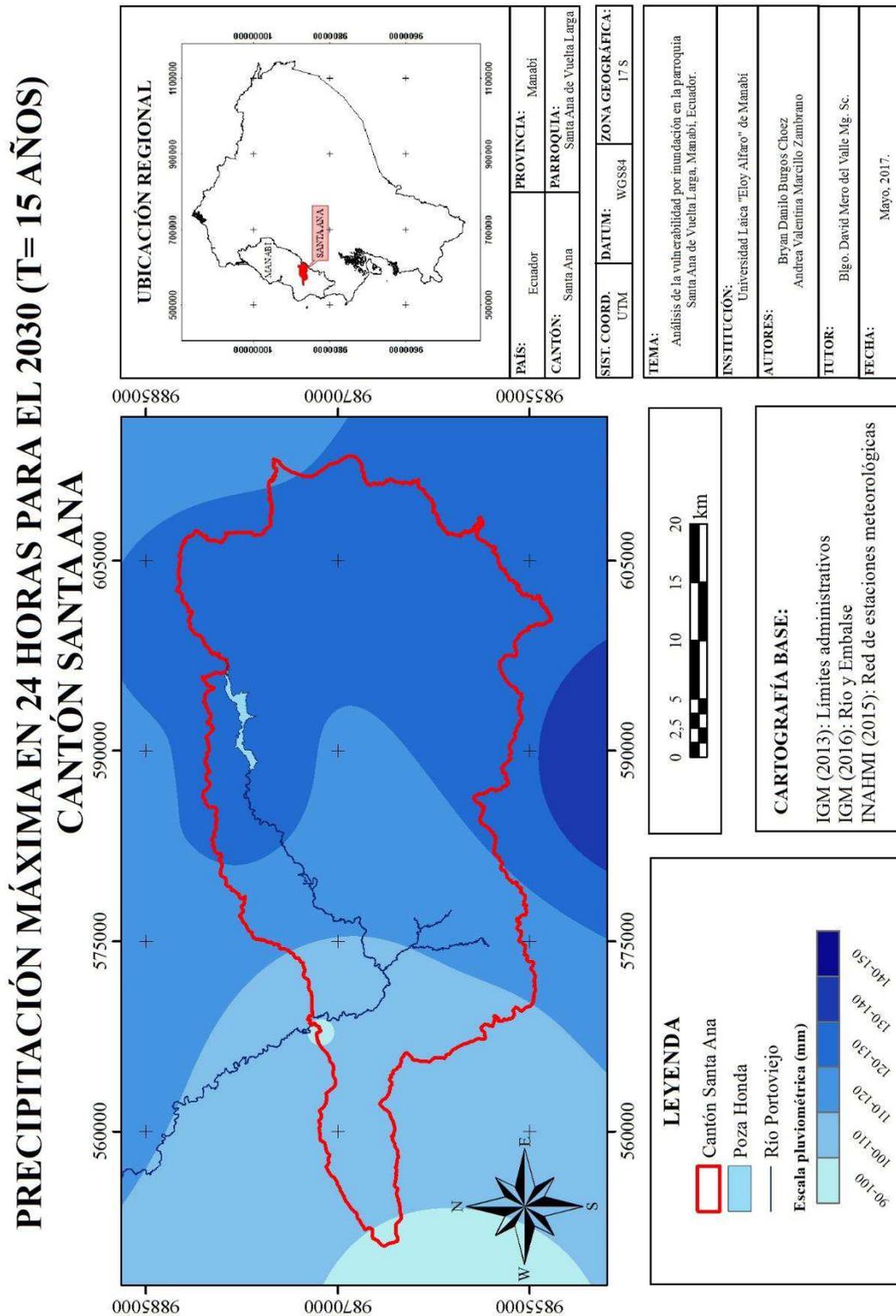


**Anexo 11. Cartografía de precipitación máxima en 24 horas que el cantón Santa Ana registrará en el 2025 (T= 10 años).**

**PRECIPITACIÓN MÁXIMA EN 24 HORAS PARA EL 2025 (T= 10 AÑOS)  
CANTÓN SANTA ANA**

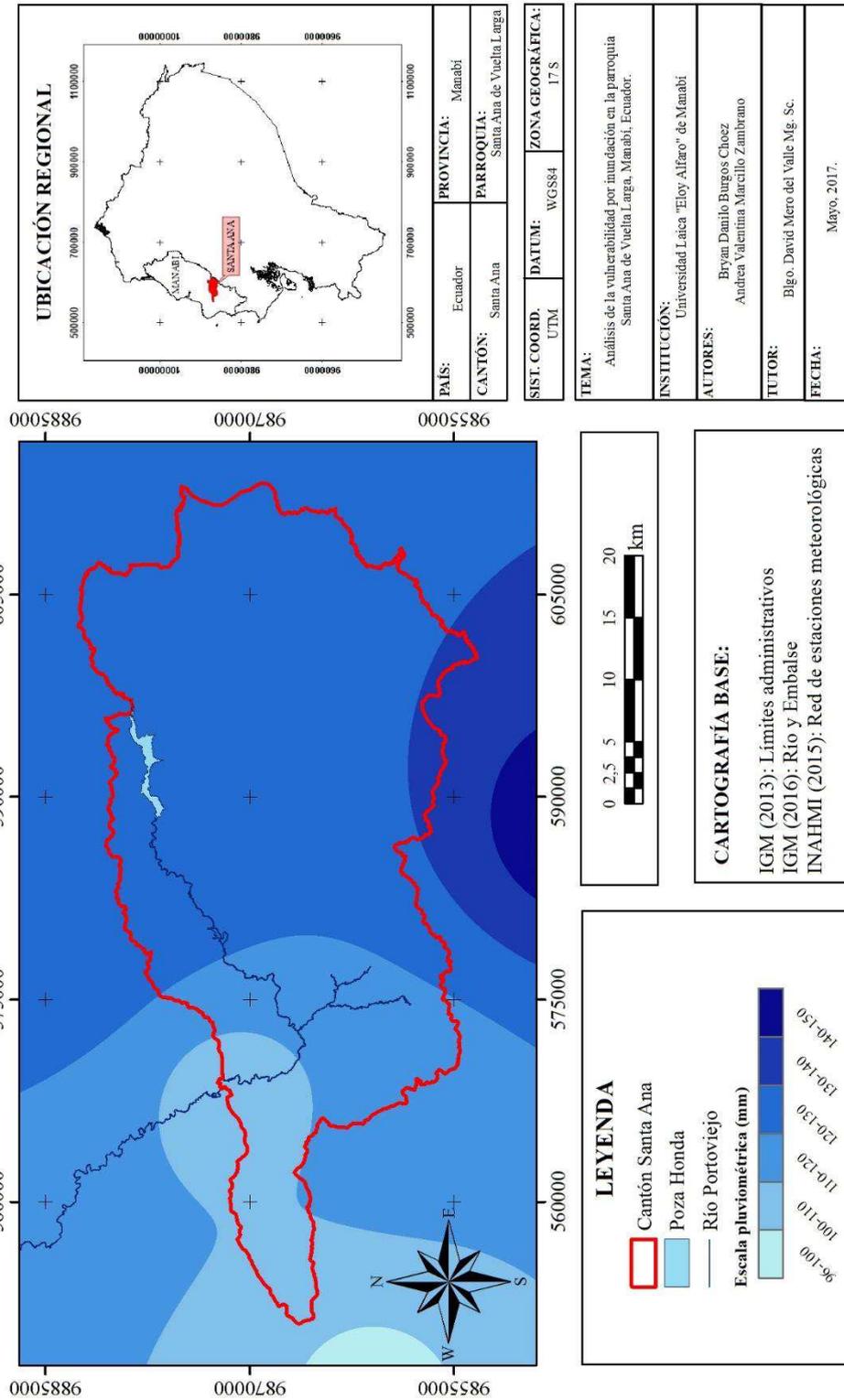


**Anexo 12. Cartografía de precipitación máxima en 24 horas que el cantón Santa Ana registrará en el 2030 (T= 15 años).**

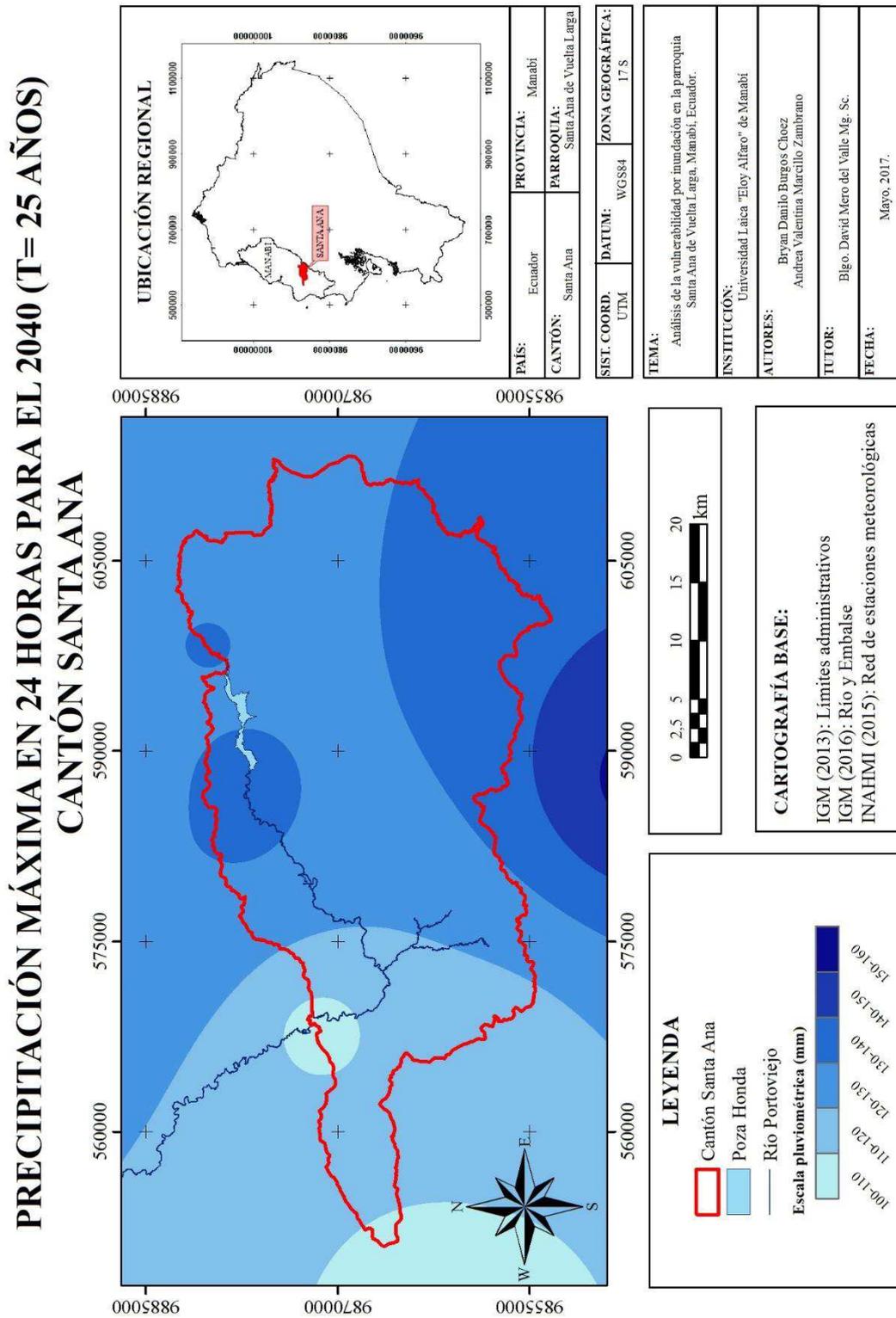


**Anexo 13.** Cartografía de precipitación máxima en 24 horas que el cantón Santa Ana registrará en el 2035 (T= 20 años).

**PRECIPITACIÓN MÁXIMA EN 24 HORAS PARA EL 2035 (T= 20 AÑOS)  
CANTÓN SANTA ANA**



**Anexo 14.** Cartografía de precipitación máxima en 24 horas que el cantón Santa Ana registrará en el 2040 (T= 25 años).



**Anexo 15.** Evidencias de las encuestas realizadas y de los principales problemas encontrados en la parroquia.

**Encuestas**



Barrio "El Progreso"



Barrio "Casa Lagarto"



Sector "Caña Brava"



GAD de Santa Ana

**Insalubridad en barrios**



Poblado "El Níspero"



Barrio "La Mocerita"

**Presencia de residuos sólidos**



Sector "El Níspero"



Barrio "El Paraíso"



Barrio "La Mocerita"



Barrio "Las Cañas"



Barrio "Las Cañas"



Barrio "Las Cañas"



Ciudadela "Vuelta Larga"



Barrio "Malecón"

**Ducto que transporta agua a Jipijapa**



Previo a la inundación



Después de la inundación

**Inundación del 8 de abril del 2017**



Palizada represada



Mercado central

