



Universidad de San Carlos de Guatemala  
Facultad de Ingeniería  
Escuela de Estudios de Postgrado  
Maestría en Ingeniería para el Desarrollo Municipal

**PROPUESTA DE UN MODELO METODOLÓGICO PARA EL ANÁLISIS DE LAS  
VULNERABILIDADES A LOS EFECTOS DEL CAMBIO CLIMÁTICO COMO HERRAMIENTA  
INTEGRAL EN EL PDM-OT DEL MUNICIPIO DE SALAMÁ, BAJA VERAPAZ**

**Ing. Josué Isaac Rivera Pascual**

Asesorado por el Maestro Arq. Luis Estuardo Ovando Lavagnino

Guatemala, agosto de 2023

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**PROPUESTA DE UN MODELO METODOLÓGICO PARA EL ANÁLISIS DE LAS  
VULNERABILIDADES A LOS EFECTOS DEL CAMBIO CLIMÁTICO COMO HERRAMIENTA  
INTEGRAL EN EL PDM-OT DEL MUNICIPIO DE SALAMÁ, BAJA VERAPAZ**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA

FACULTAD DE INGENIERÍA

POR

**ING. JOSUÉ ISAAC RIVERA PASCUAL**

ASESORADO POR EL MTRO. ARQ. LUIS ESTUARDO OVANDO LAVAGNINO

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

**MAESTRO EN INGENIERÍA PARA EL DESARROLLO MUNICIPAL**

GUATEMALA, AGOSTO DE 2023

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERÍA



**NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA**

DECANO	Ing. José Francisco Gómez Rivera (a. i.)
VOCAL II	Ing. Mario Renato Escobedo Martínez
VOCAL III	Ing. José Milton de León Bran
VOCAL IV	Br. Kevin Vladimir Cruz Lorente
VOCAL V	Br. Fernando José Paz González
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

**TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO**

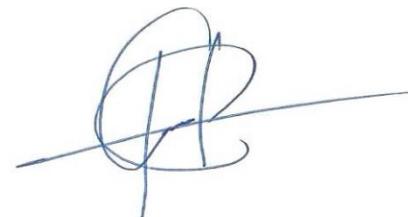
DECANA	Inga. Aurelia Anabela Cordova Estrada
DIRECTOR	Mtro. Ing. Edgar Darío Álvarez Cotí
EXAMINADOR	Mtro. Ing. Juan Carlos Fuentes Montepeque
EXAMINADOR	Mtro. Ing. Marvin Eduardo Mérida Cano
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

## **HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR**

En cumplimiento con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de graduación titulado:

**PROUESTA DE UN MODELO METODOLÓGICO PARA EL ANÁLISIS DE LAS  
VULNERABILIDADES A LOS EFECTOS DEL CAMBIO CLIMÁTICO COMO HERRAMIENTA  
INTEGRAL EN EL PDM-OT DEL MUNICIPIO DE SALAMÁ, BAJA VERAPAZ**

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Estudios de Postgrado, con fecha 24 de febrero de 2020.



**Ing. Josué Isaac Rivera Pascual**

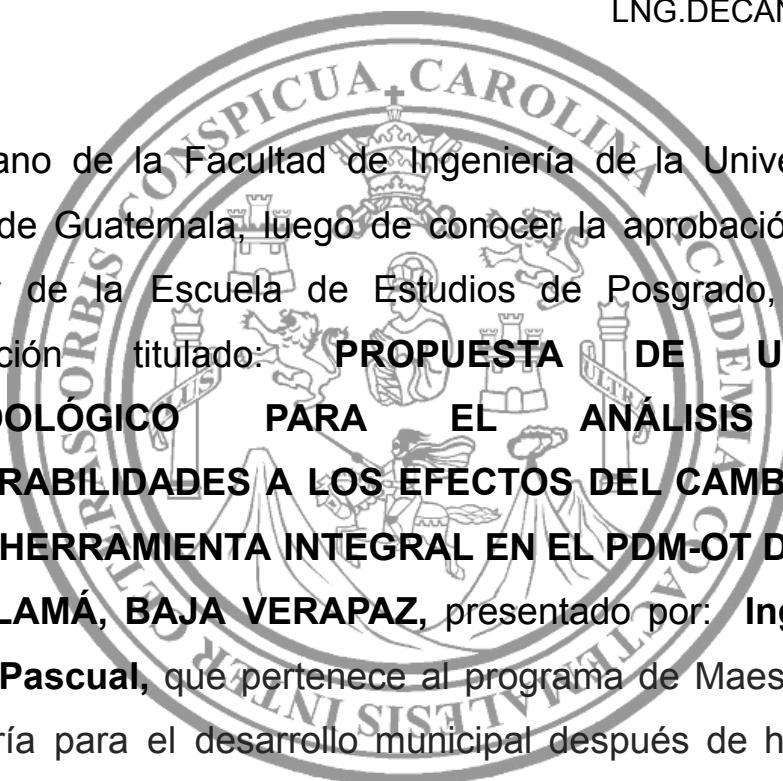
Decanato

Facultad de Ingeniería

24189101- 24189102

secretariadeceanato@ingenieria.usac.edu.gt

LNG.DECANATO.OI.614.2023



El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Estudios de Posgrado, al Trabajo de Graduación titulado: **PROUESTA DE UN MODELO METODOLÓGICO PARA EL ANÁLISIS DE LAS VULNERABILIDADES A LOS EFECTOS DEL CAMBIO CLIMÁTICO COMO HERRAMIENTA INTEGRAL EN EL PDM-OT DEL MUNICIPIO DE SALAMÁ, BAJA VERAPAZ**, presentado por: **Ing. Josué Isaac Rivera Pascual**, que pertenece al programa de Maestría en artes en Ingeniería para el desarrollo municipal después de haber culminado las revisiones previas bajo la responsabilidad de las instancias correspondientes, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE:



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA.  
DECANO a.i.  
Facultad de Ingeniería

Ing. Jose Francisco Gómez Rivera

Decano a.i.

Guatemala, agosto de 2023

AACE/gaoc



**Guatemala, agosto de 2023**

LNG.EEP.OI.614.2023

En mi calidad de Directora de la Escuela de Estudios de Postgrado de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer el dictamen del asesor, verificar la aprobación del Coordinador de Maestría y la aprobación del Área de Lingüística al trabajo de graduación titulado:

**"PROUESTA DE UN MODELO METODOLÓGICO PARA EL ANÁLISIS DE LAS VULNERABILIDADES A LOS EFECTOS DEL CAMBIO CLIMÁTICO COMO HERRAMIENTA INTEGRAL EN EL PDM-OT DEL MUNICIPIO DE SALAMÁ, BAJA VERAPAZ"**

presentado por **Ing. Josué Isaac Rivera Pascual** correspondiente al programa de **Maestría en artes en Ingeniería para el desarrollo municipal**; apruebo y autorizo el mismo.

Atentamente,

*"Id y Enseñad a Todos"*

  
**Mtra. Inga. Aurelia Anabela Cordova Estrada**  
**Directora**  
**Escuela de Estudios de Postgrado**  
**Facultad de Ingeniería**





Guatemala, 07 de abril de 2022.

**M.Sc. Edgar Darío Álvarez Cotí**  
Director  
Escuela de Estudios de Postgrado  
Presente

**M.Sc. Ingeniero Álvarez Cotí:**

Por este medio informo que he revisado y aprobado el **INFORME FINAL** del trabajo de graduación titulado: “**PROUESTA DE UN MODELO METODOLÓGICO PARA EL ANÁLISIS DE LAS VULNERABILIDADES DE LOS EFECTOS DEL CAMBIO CLIMÁTICO COMO HERRAMIENTA INTEGRAL EN EL PDM-OT DEL MUNICIPIO DE SALAMÁ, BAJA VERAPAZ**” del a estudiante **JOSUÉ ISAAC RIVERA PASCUAL** quien se identifica con número de registro académico **200931945**, del programa de Maestría en Ingeniería para el Desarrollo Municipal.

Con base en la evaluación realizada hago constar que he evaluado la calidad, validez, pertinencia y coherencia de los resultados obtenidos en el trabajo presentado y según lo establecido en el **Normativo de Tesis y Trabajos de Graduación aprobado por Junta Directiva de la Facultad de Ingeniería Punto Sexto inciso 6.10 del Acta 04-2014 de sesión celebrada el 04 de febrero de 2014**. Por lo cual el trabajo evaluado cuenta con mi aprobación.

Agradeciendo su atención y deseándole éxitos en sus actividades profesionales me suscribo.

Atentamente,

**M.Sc. Ing. Juan Carlos Fuentes Montepeque**  
Coordinador  
Área de Desarrollo Socio Ambiental y Energético  
Escuela de Estudios de Postgrado  
Facultad de Ingeniería USAC



Guatemala, 08 de noviembre de 2021.

**Ingeniero M.Sc.  
Edgar Álvarez Cotí  
Director  
Escuela de Estudios de Postgrado  
Facultad de Ingeniería USAC  
Ciudad Universitaria, Zona 12**

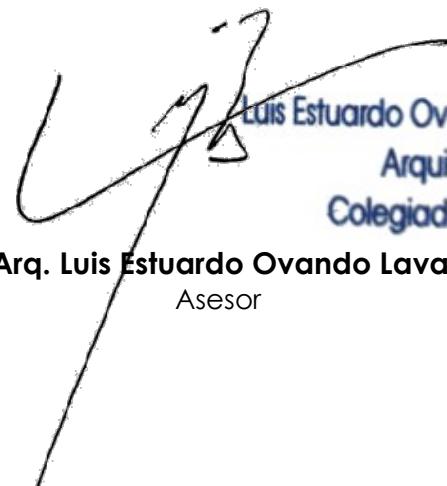
**Distinguido Ingeniero Álvarez:**

Atentamente me dirijo a usted para hacer de su conocimiento que como asesor del trabajo de graduación del estudiante Josué Isaac Rivera Pascual, Carné número 200931945, cuyo título es “PROUESTA DE UN MODELO METODOLÓGICO PARA EL ANÁLISIS DE LAS VULNERABILIDADES A LOS EFECTOS DEL CAMBIO CLIMÁTICO COMO HERRAMIENTA INTEGRAL EN LOS PDM-OT DEL MUNICIPIO DE SALAMÁ, BAJA VERAPAZ”, para optar al grado académico de Maestro en Ingeniería para el Desarrollo Municipal, he procedido a la revisión del INFORME FINAL y del ARTÍCULO.

En tal sentido, en calidad de asesor doy mi anuencia y aprobación para que el estudiante Josué Isaac Rivera Pascual, continúe con los trámites correspondientes.

Sin otro particular, me es grato suscribirme de usted.

Atentamente,



Luis Estuardo Ovando Lavagnino  
Arquitecto  
Colegiado No. 817

**M.S.c Arq. Luis Estuardo Ovando Lavagnino**  
Asesor

## **ACTO QUE DEDICO A:**

**Dios**

Por ser la piedra angular y centro de mi vida.  
Darme la fuerza, sabiduría y paciencia para  
culminar esta etapa en mi vida profesional.

**Mis padres**

Sabina Pascual de Rivera y Rodolfo Rivera. Por su labor de ser guías espirituales y educarme bajo los principios del amor de Dios. Porque, aunque ha sido un camino difícil y en momentos cuesta arriba, ustedes me enseñaron que con esmero, paciencia y tolerancia; se pueden alcanzar y conquistar los sueños. En reconocimiento y agradecimiento por su abnegada tarea de ser padres, este triunfo es para ustedes. ¡Los amo!

**Mis hermanos**

Armando, Gerber (q. e. p. d), Iván y Ruth Rivera Pascual: por estar siempre a mi lado y aconsejarme en cada fase de mí vida y a un que a veces tengamos diferencias, siempre estaremos dispuestos a darlo todo por nosotros. Este triunfo va para ustedes también y en especial a ti Gerber, que, aunque físicamente ya no estés con nosotros, en mi corazón vivirás por siempre; un beso hasta el cielo.

**Mi familia**

Cuñados: Lucía Castellanos, Nidia Castro, Henry Xiap. Sobrinos: Zuleyca, Gerber José Rivera Guix; Aarón, Fabián y Yasir Rivera Castro; Natalia Polet Xiap Rivera; primos, tíos, abuelitos y demás familia, gracias por su apoyo y cariño.

**Mi hija**

Mi pequeña Sofía Rivera, especialmente a ti que me motivas e inspiras a ser mejor cada día, gracias, mi amor.

## **AGRADECIMIENTOS A:**

<b>Universidad de San Carlos de Guatemala</b>	Por ser mi <i>alma mater</i> y casa de estudios donde me he formado profesionalmente.
<b>Facultad de Ingeniería</b>	Por ser parte importante para mi formación académica profesional.
<b>Mi asesor</b>	Maestro Arq. Luis Ovando, por el apoyo brindado y los conocimientos compartidos.
<b>Municipalidad de Salamá</b>	Por permitirme realizar tan importante investigación en pro del desarrollo territorial del municipio.
<b>Programa ADAPTATE de Cooperación Alemana implementado de la GIZ Guatemala</b>	Por brindarme las herramientas necesarias para desarrollar de manera integral el enfoque de gestión de riesgo y análisis de las vulnerabilidades al cambio climático a nivel municipal por medio del geoportal PlanimuCC.

## ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES .....	IX
LISTA DE SÍMBOLOS.....	XI
GLOSARIO .....	XIII
RESUMEN .....	XIX
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....	XXI
OBJETIVOS.....	XXV
RESUMEN DEL MARCO METODOLÓGICO .....	XXVII
INTRODUCCIÓN.....	XXXI
1. MARCO TEÓRICO.....	1
1.1. Marco legal regulatorio del cambio climático en Guatemala.....	1
1.1.1. Política Nacional de Cambio Climático (PNCC).....	1
1.1.2. Ley marco para la reducción de la vulnerabilidad, la adaptación obligatoria ante los efectos del cambio climático y la mitigación de gases de efecto invernadero.....	2
1.1.3. Plan de Acción Nacional de Cambio Climático (PANCC).....	3
1.2. Elementos para el análisis de la vulnerabilidad al cambio climático.....	3
1.2.1. La amenaza climática y el peligro.....	4
1.2.2. Amenazas naturales .....	5
1.2.3. Amenazas antropogénicas .....	5
1.2.4. Gestión de riesgos de desastres .....	5
1.2.5. Vulnerabilidad al cambio climático .....	7
1.2.6. Sensibilidad .....	10

1.2.7.	Exposición .....	11
1.2.8.	Capacidad de adaptación.....	12
1.2.9.	Reducción de la vulnerabilidad a través de la adaptación.....	13
1.3.	Modelo conceptual: indicadores de vulnerabilidad e índices de cambio climático.....	15
1.3.1.	Indicadores de vulnerabilidad.....	17
1.3.2.	Índice de vulnerabilidad al cambio climático.....	19
1.4.	Ordenamiento territorial y su aplicación en la planificación local.....	19
1.4.1.	Nociones históricas del ordenamiento territorial.....	20
1.4.2.	La participación ciudadana de los procesos del ordenamiento territorial.....	22
1.4.3.	Ordenamiento territorial con enfoque ambiental.....	22
1.4.4.	Ordenamiento territorial en el contexto nacional .....	23
1.4.5.	Territorio .....	24
1.4.6.	Planificación .....	24
1.4.7.	Plan de desarrollo municipal y ordenamiento territorial .....	25
2.	MARCO METODOLÓGICO .....	27
2.1.	Propuesta del modelo metodológico para el análisis de vulnerabilidad al cambio climático .....	27
2.1.1.	Fase I. Revisión literaria y propuesta del modelo conceptual de cambio climático.....	27
2.1.1.1.	Lectura de bibliografía especializada .....	28
2.1.1.2.	Sistematización y determinación de los componentes del modelo conceptual .....	28
2.1.2.	Fase II. Gestión y recolección de variables e indicadores de cambio climático.....	28

2.1.2.1.	Identificación de variables y determinación por componentes .....	29
2.1.2.2.	Revisión y selección de variables e indicadores existentes de datos oficiales	29
2.1.2.3.	Revisión y selección de variables provenientes de inventario de datos e información municipales .....	30
2.1.2.4.	Recopilación de variables in situ (información básica local) .....	30
2.1.3.	Fase III. Análisis de la información y determinación de indicadores de cambio climático .....	31
2.1.3.1.	Cálculo de indicadores mediante cruce de variables .....	31
2.1.3.2.	Normalización de indicadores .....	31
2.1.3.3.	Determinación de subíndices de vulnerabilidad mediante proceso SIG ....	32
2.1.3.4.	Determinación del índice de vulnerabilidad al cambio climático local .....	32
2.1.4.	Fase IV. Análisis de la caja de herramientas y guía metodológica del PDM-OT de Salamá.....	33
2.1.4.1.	Revisión y análisis de la guía metodológica PDM-OT .....	33
2.1.4.2.	Revisión y análisis de las herramientas PDM-OT.....	34
2.1.4.3.	Revisión y análisis del documento PDM-OT de Salamá.....	34
2.1.5.	Fase V. Análisis comparativo del índice de vulnerabilidad al cambio climático y el plan de desarrollo municipal y ordenamiento territorial del	

municipio de Salamá, Baja Verapaz y propuesta metodológica para el análisis de la vulnerabilidad ..	35
2.1.5.1. Análisis comparativo del IVCCL y del PDM-OT de Salamá .....	35
2.1.5.2. Sistematización del proceso de elaboración del IVCCL como propuesta metodológica para el análisis de la vulnerabilidad .....	35
3. PRESENTACIÓN DE RESULTADOS .....	37
3.1. Determinación de los componentes del modelo conceptual de cambio climático .....	37
3.1.1. Nivel territorial .....	37
3.1.2. Amenazas priorizadas.....	39
3.1.2.1. Sequías .....	40
3.1.2.2. Inundaciones .....	40
3.1.2.3. Deslizamientos .....	41
3.1.3. Componentes de vulnerabilidad .....	41
3.1.4. Temas de adaptación .....	42
3.1.5. Índice de vulnerabilidad.....	43
3.1.6. Modelo conceptual del IVCCL .....	44
3.2. Determinación del índice de vulnerabilidad al cambio climático local del municipio de Salamá, Baja Verapaz.....	44
3.2.1. Selección de variables (información base) .....	45
3.2.1.1. Microrregiones del municipio de Salamá Baja Verapaz .....	46
3.2.1.2. Cultivos anuales (cultivos de subsistencia) .....	46
3.2.1.3. Uso agrícola .....	47
3.2.1.4. Carreteras totales .....	48

3.2.1.5.	Infraestructura pública (escuelas) .....	48
3.2.1.6.	Lugares poblados .....	49
3.2.2.	Determinación de indicadores de cambio climático	50
3.2.2.1.	Agricultura con amenazas de deslizamiento, inundación y sequía .....	53
3.2.2.2.	Agricultura de subsistencia en zonas de deslizamiento, inundación y sequía .....	54
3.2.2.3.	Carreteras en zonas de deslizamiento e inundación .....	55
3.2.2.4.	Lugares poblados en zonas de deslizamiento, inundación y sequía .....	56
3.2.2.5.	Infraestructura pública (escuelas) en zonas de deslizamiento e inundación ....	57
3.2.2.6.	Potencial forestal cubierta con bosque ..	58
3.2.2.7.	Bosques de galería .....	58
3.2.2.8.	Sobreuso de la tierra.....	59
3.2.2.9.	Desigualdad índice de Theil.....	60
3.2.3.	Determinación de los subíndices de vulnerabilidad	60
3.2.3.1.	Subíndice de sensibilidad .....	61
3.2.3.2.	Subíndice de capacidad de adaptación .	61
3.2.3.3.	Subíndice de exposición .....	62
3.2.4.	Determinación del índice de vulnerabilidad al cambio climático local .....	62
3.3.	Resumen del análisis de amenazas y vulnerabilidades del proceso PDM-OT del municipio de Salamá, Baja Verapaz.....	63
3.3.1.	Amenazas y vulnerabilidades: inundaciones .....	64
3.3.2.	Amenazas y vulnerabilidades: deslizamientos.....	65
3.3.3.	Amenazas y vulnerabilidades: sequías.....	65
4.	DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....	67

4.1.	Discusión de los componentes del modelo conceptual de cambio climático.....	67
4.2.	Determinación del índice de vulnerabilidad al cambio climático local del municipio de Salamá, Baja Verapaz.....	69
4.2.1.	Detalle de variables o información básica .....	69
4.2.1.1.	Microrregiones del municipio de Salamá, Baja Verapaz .....	69
4.2.1.2.	Lugares poblados .....	70
4.2.1.3.	Cultivos anuales (frijol y maíz) y agricultura total .....	70
4.2.1.4.	Carreteras e infraestructura pública .....	71
4.2.2.	Indicadores de vulnerabilidad al cambio climático... 4.2.2.1. Áreas agrícolas expuestas a las amenazas de inundación, deslizamiento y sequía .....	72
4.2.2.2.	Carreteras en zonas de deslizamiento e inundación .....	73
4.2.2.3.	Lugares poblados con amenaza de deslizamiento, inundación y sequía.....	73
4.2.3.	Índice de vulnerabilidad al cambio climático local ... 4.2.3.1. Exposición al cambio climático en las microrregiones.....	74
4.2.3.2.	Sensibilidad al cambio climático en las microrregiones.....	74
4.2.3.3.	Capacidad de adaptación al cambio climático en las microrregiones .....	75
4.2.3.4.	Índice de vulnerabilidad al cambio climático local en las microrregiones .....	75

4.3. Análisis comparativo de los resultados de los elementos de la metodología del índice de vulnerabilidad al cambio climático local de la guía para la elaboración de planes de desarrollo municipal y ordenamiento territorial.....	77
4.3.1. Amenazas y vulnerabilidades .....	77
4.3.1.1. Inundaciones .....	77
4.3.1.2. Deslizamientos .....	78
4.3.1.3. Sequía .....	79
CONCLUSIONES .....	81
RECOMENDACIONES.....	83
REFERENCIAS .....	85
APÉNDICES .....	89
ANEXOS.....	91



## **ÍNDICE DE ILUSTRACIONES**

### **FIGURAS**

1.	Componentes de la vulnerabilidad .....	10
2.	Exposición como intersección de amenaza y sistema de interés.....	12
3.	Reducción de la vulnerabilidad por medidas de adaptación .....	14
4.	Monitoreo de parámetros de vulnerabilidad .....	15
5.	Mapa de microrregiones del municipio de Salamá, Baja Verapaz .....	39
6.	Componentes del modelo conceptual del IVCCl .....	44
7.	Extensión territorial por microrregión del municipio de Salamá.....	70
8.	Índice de vulnerabilidad al cambio climático por microrregiones del municipio de Salamá, Baja Verapaz.....	76

### **TABLAS**

I.	Ejemplo de factores e indicadores potenciales .....	18
II.	Microrregiones del municipio de Salamá, Baja Verapaz .....	38
III.	Definición de amenazas de acuerdo con el marco referencial, jurídico-político .....	40
IV.	Temas de adaptación definidos por el marco jurídico-político .....	42
V.	Variables y amenazas seleccionadas para la construcción de indicadores de vulnerabilidad.....	45
VI.	Áreas totales por microrregión del municipio de Salamá, Baja Verapaz.....	46
VII.	Áreas de cultivos anuales (subsistencia) por microrregión .....	47

VIII.	Áreas de uso agrícola por microrregión .....	47
IX.	Longitud total de carreteras por microrregión .....	48
X.	Número de escuelas públicas por microrregión.....	49
XI.	Número de lugares poblados por microrregión.....	49
XII.	Indicadores de cambio climático y su marco conceptual .....	50
XIII.	Área de agricultura en zonas de deslizamiento, inundación y sequía	54
XIV.	Área de agricultura de subsistencia en zonas de deslizamiento, inundación y sequía .....	55
XV.	Longitud de carreteras en zonas de deslizamiento e inundación .....	56
XVI.	Poblados ubicados en zonas de deslizamiento, inundación y sequía	57
XVII.	Escuelas ubicadas en zonas de deslizamiento e inundación .....	57
XVIII.	Área con potencial forestal cubierta con bosque .....	58
XIX.	Área con cubierta de bosque de galería .....	59
XX.	Área con sobreuso de la tierra.....	59
XXI.	Indicadores de sensibilidad.....	60
XXII.	Cálculo del subíndice de sensibilidad .....	61
XXIII.	Cálculo del subíndice de capacidad de adaptación .....	62
XXIV.	Cálculo de índice de vulnerabilidad al cambio climático local para el municipio de Salamá .....	63

## LISTA DE SÍMBOLOS

Símbolo	Significado
°C	Grados Celsius
Ha	Hectáreas
Id.	Idem
L	Litros
m	Metros
$m^2$	Metros cuadrados
$m^3$	Metros cúbicos
T.	Tomo
v.g.	Verbigracia



## GLOSARIO

<b>art.</b>	Artículo
<b>Cap.</b>	Capítulo
<b>Ed.</b>	Edición
<b>etc.</b>	Etcétera
<b>Magfco.</b>	Magnífico
<b>Mgs.</b>	Magister
<b>msnm</b>	Metros sobre el nivel del mar
<b>p.ej.</b>	Por ejemplo
<b>Págs.</b>	Páginas
<b>Párr.</b>	Párrafo
<b>pról.</b>	Prólogo
<b>s.n</b>	Sin año
<b>seuo.</b>	Salvo error u omisión

<b>Exposición</b>	La presencia de personas; medios de subsistencia; especies o ecosistemas; funciones, servicios y recursos ambientales; infraestructura, o activos económicos, sociales o culturales en lugares y entornos que podrían verse afectados negativamente. (IPCC, 2014)
<b>Adaptación</b>	Proceso de ajuste al clima real o proyectado y sus efectos. En los sistemas humanos, la adaptación trata de moderar o evitar los daños o aprovechar las oportunidades beneficiosas. En algunos sistemas naturales, la intervención humana puede facilitar el ajuste al clima proyectado y a sus efectos. (GIZ, 2017)
<b>AGRIP</b>	Análisis de Gestión del Riesgo en Proyectos de Inversión Pública.
<b>Amenaza</b>	Fenómeno o evento potencialmente destructor o peligroso, de origen natural o producido por la actividad humana (antrópico), que puede causar muertes, lesiones, epidemias, daños materiales, interrupción de la actividad social y económica, degradación ambiental y amenazar los medios de subsistencia de una comunidad o territorio en un determinado periodo de tiempo. (Conred, 2011)
<b>BDAL</b>	Banco de Desarrollo de América Latina
<b>BID</b>	Banco Interamericano de Desarrollo

<b>BM</b>	Banco Mundial
<b>Cambio climático</b>	Cambio en el estado del clima identificable (por ejemplo, mediante análisis estadísticos) a raíz de un cambio en el valor medio y/o en la variabilidad de sus propiedades, y que persiste durante un período prolongado, generalmente cifrado en decenios o en períodos más largos. Denota todo cambio del clima a lo largo del tiempo, tanto si es debido a la variabilidad natural como si es consecuencia de la actividad humana. (IPCC, 2007)
<b>Capacidad de Adaptación</b>	Se describe como la capacidad de un sistema para ajustarse a la variabilidad climática y los fenómenos naturales para moderar los daños potenciales, aprovechar las oportunidades o bien, para hacer frente a las consecuencias que estos ocasionen. (GIZ, 2016)
<b>CNCC</b>	Consejo Nacional de Cambio Climático
<b>CONRED</b>	Coordinadora Nacional para la Reducción de Desastres.
<b>GIZ</b>	Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit.

<b>Herramientas del Plan de Desarrollo Municipal y Ordenamiento Territorial</b>	Es el conjunto de instrumentos, formularios y herramientas, que el equipo técnico de la SEGEPLAN ha creado con la finalidad de facilitar el proceso de formulación y captación de datos para la creación de un Plan PDM-OT.
<b>Indicadores de cambio climático</b>	Son parámetros que proporcionan información sobre los estados o condiciones específicas que no son directamente medibles, el propósito de los indicadores es utilizar información cuantificada para compararla con los umbrales críticos o mediciones anteriores. (GIZ, 2016)
<b>IPCC</b>	Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (por sus siglas en inglés, Intergovernmental Panel on Climate Change).
<b>IRCG</b>	Índice de Riesgo Climático Global
<b>IVCCL</b>	Índice de Vulnerabilidad al Cambio Climático a nivel Local.
<b>LMCC</b>	Ley Marco de Cambio Climático
<b>MARN</b>	Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales
<b>MINAMBIENTE</b>	Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible
<b>OT</b>	Ordenamiento Territorial

<b>PANCC</b>	Plan de Acción Nacional de Cambio Climático
<b>Plan de Desarrollo Municipal y Ordenamiento Territorial</b>	Es el instrumento de gestión formulado por las municipalidades, dentro de un proceso metodológico participativo para propiciar el desarrollo, social, económico, tecnológico y el ordenamiento territorial de su jurisdicción. (Segeplan, 2018)
<b>PLANIMUCC</b>	Geoportal de Planificación en función del cambio climático.
<b>SEGEPLAN</b>	Secretaría de Planificación y Programación de la Presidencia.
<b>Sensibilidad</b>	Grado en que un sistema resulta afectado, positiva o negativamente, por la variabilidad o el cambio climático. Los efectos pueden ser directos (por ejemplo, un cambio en el rendimiento de los cultivos en respuesta a una variación de la temperatura media, de los intervalos de temperaturas o de la variabilidad de la temperatura) o indirectos (por ejemplo, daños causados por una mayor frecuencia de inundaciones costeras por haber aumentado el nivel del mar). (IPCC, 2014)
<b>SNIP</b>	Sistema Nacional de Inversión Pública

**Vulnerabilidad al cambio  
Climático**

Grado de susceptibilidad o de incapacidad de un sistema para afrontar los efectos adversos del cambio climático y, en particular, la variabilidad del clima y los fenómenos extremos. La vulnerabilidad dependerá del carácter, magnitud y rapidez del cambio climático a que esté expuesto un sistema, y de su sensibilidad y capacidad de adaptación. (IPCC, 2007)

## **RESUMEN**

La propuesta de determinar el índice de vulnerabilidad al cambio climático toma como base el marco de análisis del cuarto informe de evaluación del Panel *Intergubernamental de Expertos de Cambio Climático*, por sus siglas en inglés (IPCC), mismo que ha sido aplicado en los últimos años en distintas latitudes.

En todos los territorios de la región, pero principalmente en Guatemala, habrá un aumento potencial en las temperaturas máximas y mínimas que reflejarán cambios importantes en el clima, desde sequías intensas y prolongadas, mayor precipitación de lluvia en zonas con variables extremadamente expuestas, tales como carreteras, cultivos, lugares poblados; entre otros.

Además de percibir los elementos que son sensibles a dicha exposición que genera el impacto potencial ante una amenaza en determinado territorio, sin embargo, la capacidad de adaptación, combinada con el impacto potencial, determina el grado de vulnerabilidad de un territorio.

La presente investigación propone realizar un análisis metodológico de vulnerabilidad al cambio climático que permita la determinación de un listado de indicadores que sugieren conocer los parámetros de exposición, sensibilidad y capacidad de adaptación a nivel de microrregiones en el municipio de Salamá del departamento de Baja Verapaz, como elemento integrador en el análisis de amenazas y vulnerabilidades que propone la guía metodológica del Plan de Desarrollo Municipal y Ordenamiento Territorial (PDM-OT) de la Secretaría de Planificación y Programación de la Presidencia (SEGEPLAN).



## **PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

El Estado de Guatemala ha suscrito y ratificado numerosos convenios y tratados internacionales en materia de ambiente y cambio climático, entre las cuales destacan la Convención Marco de las Naciones Unidas Sobre el Cambio Climático, el Protocolo de Kioto y el Acuerdo de París. A partir de dichos convenios, el país ha realizado trascendentales contribuciones, promulgado y generado las condiciones para reducir la vulnerabilidad a los efectos de las amenazas naturales y acciones de adaptación y mitigación al cambio climático.

En el marco de estos compromisos, el Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales ha sido el ente rector por naturaleza, y ha liderado los procesos de promoción y formulación de políticas e instrumentos para la adaptación y mitigación del cambio climático a nivel nacional. Dentro de esfuerzos y logros nacionales destacan la creación de la Política Nacional de Cambio Climático (PNCC), la Ley Marco para Regular la Reducción de la Vulnerabilidad, la Adaptación obligatoria ante los efectos del Cambio Climático y la Mitigación de Gases de Efecto Invernadero (LMCC), el Plan de Acción Nacional de Cambio Climático (PANCC) y otras políticas e instrumentos relacionados con la gestión ambiental y el manejo integral de los recursos naturales cuyos principales aportes es coadyuvar a la mejora de los esfuerzos que se realizan para contrarrestar los efectos globales del cambio climático sobre la población y los sistemas naturales.

No obstante, los efectos del cambio climático no es un problema aislado en los territorios, puesto que los embates son más severos y mortales cuando los sistemas poblacionales y naturales poseen características que son propicias para sufrir un daño potencial, y que muchas veces pueden ser evitables o resistentes.

Pero para que esto suceda es necesario conocer el contexto local, es decir, las características físicas, sociales, económicas y productivas del territorio, los componentes que generan la exposición a determinada amenaza natural.

En ese sentido, y sumando esfuerzos para darle cumplimiento a la adecuada gestión del territorio, el Sistema Nacional de Planificación (SNP), auspiciado por la Secretaría de Planificación y Programación de la Presidencia (SEGEPLAN) a través de la implementación de los Planes de Desarrollo y Ordenamiento Territorial (PDM-OT), ha delineado acciones que permiten planificar y ordenar de manera integral y sistémica el territorio, incluyendo la articulación del componente de gestión del riesgo y cambio climático para la elaboración de planes de contingencia o elaboración de medidas de adaptación y mitigación a los efectos del cambio climático a nivel local.

Si bien es cierto que los PDM-OT contemplan el eje transversal de la gestión del riesgo y cambio climático, la problemática radica en la información que se tiene en los municipios en relación a este tema, ya que se considera que esta sea escasa, obsoleta, o en el peor de los casos, no existe; dificultando esto para realizar un análisis de la vulnerabilidad y amenazas en los territorios de manera real, técnica y metodológica.

Para comprender las causas y consecuencias de dicha problemática, se definen las interrogantes central y auxiliares que permitirán orientar el desarrollo de la presente investigación:

Pregunta central:

¿Qué acciones podrán contribuir para reducir la vulnerabilidad y aumentar la capacidad de adaptación ante los efectos el cambio climático en los municipios de Guatemala?

Preguntas auxiliares:

¿De qué manera se ha gestionado y organizado la información de cambio climático, en el municipio de Salamá, Baja Verapaz?

¿Cuántas y qué acciones se han realizado para coadyuvar en la identificación de vulnerabilidades al cambio climático, en el municipio de Salamá, Baja Verapaz?

¿De qué manera se realiza la identificación de amenazas naturales y análisis de vulnerabilidad al cambio climático, en el municipio de Salamá?

Estas preguntas surgen como consecuencia de los embates del cambio climático en los municipios del país que han significado grandes pérdidas en la economía, sistemas productivos agrícolas y ganaderos, y ha debilitado la infraestructura local como también la pérdida de vidas humanas, y ante la falta de incluir el elemento clave de gestión del riesgo y cambio climático en las políticas públicas municipales, instrumentos de gestión y planes de desarrollo municipal y ordenamiento territorial, que no han permitido articular acciones que reflejen la realidad local y no se realicen acciones de adaptación al cambio climático.

Derivado de lo anterior, se plantea la realización de un análisis comparativo a partir de la construcción del Índice de Vulnerabilidad al Cambio Climático Local y la metodología para el análisis de amenazas y vulnerabilidades establecida dentro del PDM-OT, que permita la identificación de los elementos de exposición y sensibilidad a causa de amenazas naturales y la capacidad de adaptación ante los efectos del cambio climático en el municipio de Salamá, departamento de Baja Verapaz.



## **OBJETIVOS**

### **General**

Contribuir al aumento de las capacidades de adaptación al cambio climático a través del análisis de la vulnerabilidad desde la perspectiva local y su integración al proceso metodológico PDM-OT del municipio de Salamá, del departamento de Baja Verapaz.

### **Específicos**

1. Definir un modelo conceptual que permita la organización y utilización de información de cambio climático del municipio de Salamá, Baja Verapaz.
2. Identificar indicadores y determinar el índice de vulnerabilidad al cambio climático a nivel local (IVCCL) en el municipio de Salamá, Baja Verapaz.
3. Analizar los resultados del Índice de Vulnerabilidad al Cambio Climático Local (IVCCL) y la herramienta establecida para la determinación de las amenazas y vulnerabilidades en el proceso PMD-OT del municipio Salamá, Baja Verapaz.



## **RESUMEN DEL MARCO METODOLÓGICO**

El enfoque del estudio propuesto es mixto, ya que considera el análisis e interpretación de variables desde su componente teórico y sus definiciones, permitiendo construir y proponer un modelo conceptual cualitativo. Los datos cuantitativos, generados a partir de las variables, permitieron la construcción de estas y de indicadores de cambio climático.

Corresponde a una propuesta de tipo exploratorio, ya que el tema de análisis es un tema poco explorado en el área de intervención y parte de su proceso metodológico conllevó la recopilación de diferentes fuentes, así como su análisis e integración.

El diseño adoptado en esta investigación corresponde a uno no experimental, ya que dentro del marco del análisis de la vulnerabilidad al cambio climático y la comparación de los resultados de la metodología del PDM-OT, no busca establecer una relación entre causa y efecto, es decir, analiza su estado original sin realizar ninguna manipulación.

El tipo es transversal, ya que al momento de la recolección de las variables (información básica) ha sido en un solo corte en el tiempo.

El enfoque del estudio propuesto es mixto, debido a que considera el análisis e interpretación de variables desde su componente teórico y sus definiciones, permitiendo construir y proponer un modelo conceptual cualitativo. Los datos cuantitativos, generados a partir de las variables, permitieron la construcción de las variables e indicadores de cambio climático.

Corresponde a una propuesta de tipo exploratorio, ya que el tema de análisis es un tema poco explorado en el área de intervención, y parte de su proceso metodológico conllevó la recopilación de diferentes fuentes, así como su análisis e integración.

El diseño adoptado en esta investigación corresponde a uno no experimental, pues dentro del marco del análisis de la vulnerabilidad al cambio climático y la comparación de los resultados de la metodología del PDM-OT no busca establecer una relación entre causa y efecto, es decir, analiza su estado original sin realizar ninguna manipulación.

El tipo es transversal, debido a que al momento de la recolección de las variables (información básica) ha sido en un solo corte en el tiempo.

El territorio en análisis corresponde al municipio de Salamá del departamento de Baja Verapaz. El nivel territorial definido por la SEGEPLAN en cuanto a la implementación, gestión y toma de decisiones, se constituye el municipio como la unidad base y la microrregionalización de este como las formas divididas de los lugares poblados y centralidades.

Se establecen 7 microrregiones para su análisis territorial, de los cuales comprenden 178 lugares poblados, de los cuales 66 son aldeas, 60 caseríos, 24 colonias 9 barrios, 10 fincas, 4 sectores, 3 parajes, 1 lotificación y 1 hacienda.

Para el alcance del primer objetivo se tuvo la revisión bibliográfica y análisis de los convenios internacionales ratificados por Guatemala en materia de cambio climático, además de la revisión bibliográfica y análisis de leyes, reglamentos, políticas y otros instrumentos de gestión en materia de cambio climático.

A demás, se realizó la revisión y selección de variables e indicadores de cambio climático provenientes de datos existentes y oficiales, se determinaron las variables (información básica) según componente temático para su posterior construcción de indicadores y subíndices de vulnerabilidad.

Con relación al alcance del segundo objetivo, donde se requiere identificar las variables que permitan la construcción de indicadores de cambio climático y a su vez generación del índice de vulnerabilidad a nivel local.

Para operativizar tal objetivo se realizó la selección de variables y la determinación de indicadores, existentes y otras generadas como propuesta para tal efecto. Para la generación de estos indicadores, se realiza el cálculo por medio del cruce de variables mediante un proceso SIG, posteriormente a su normalización y estandarización. Esto con el fin de finalmente, generar el índice de vulnerabilidad al cambio climático a nivel de microrregiones del municipio de Salamá, Baja Verapaz.

XXX

## INTRODUCCIÓN

La implementación del presente estudio permitirá la generación de conocimientos sólidos y científicos a las municipalidades y otras instituciones públicas y privadas, y por consecuencia a la población, ya que estas podrán identificar los sectores vulnerables y de mayor riesgo, e incluir en su planificación estratégica, acciones que mitiguen la vulnerabilidad y medidas de adaptación al cambio climático.

La presente investigación trata de abordar la falta de información local y sus variables para la identificación de la problemática central que perjudica al municipio, principalmente los producidos por los efectos del cambio climático, y por otro lado, los escenarios climáticos y el proceso de análisis de percepción del riesgo a través de un instrumento de planificación y una ruta metodológica complementaria, que articule y se integre al Plan de Desarrollo Municipal y Ordenamiento Territorial que realizan los municipios como parte de la planificación estratégica, herramientas de gestión y de desarrollo local.

La línea de investigación, con la que se relaciona el presente estudio, está vinculada a la línea de los estudios o planes de desarrollo municipal y sublínea de planes de ordenamiento territorial, ya que paralelamente a los procesos PDM-OT que impulsa la SEGEPLAN se desea establecer un análisis comparativo, técnico y metodológico, mediante la construcción del Índice de Vulnerabilidad al Cambio Climático Local, y el Plan de Desarrollo Municipal y Ordenamiento Territorial que permita propiciar un panorama integral del estado actual y tendencial del territorio con el enfoque de la gestión del riesgo y cambio climático.

Siendo la gestión del riesgo y cambio climático un eje transversal en la planificación y desarrollo municipal se busca la incorporación de criterios, orientaciones y procedimientos que contribuyan al desarrollo resiliente y sostenible del territorio, por lo que, es de interés formular una ruta metodológica que permita articular mecanismos tecnológicos con base en sistemas de información geográfica, permitiendo generar condiciones precisas y confiables para la identificación de las amenazas (algo que puede causar daño a personas, lugares y ecosistemas) y las vulnerabilidades (situaciones propias que hacen débil a la población frente a una amenaza) de manera participativa con los actores locales.

Conocer el territorio e identificar previamente las amenazas y las vulnerabilidades permite incluir acciones en la elaboración del PDM-OT, así como la intervención que promuevan la mitigación y adaptación ante los efectos del cambio climático en los diferentes sectores de los territorios como transporte, industria, comercio, agricultura, vivienda, infraestructura entre otros.

La realización de la presente investigación permite la generación de información y dotará de conocimientos sólidos y técnicos a la Municipalidad de Salamá, del departamento de Baja Verapaz, para identificar los sectores vulnerables y de mayor riesgo e incluir en su planificación estratégica acciones que mitiguen la vulnerabilidad y medidas de adaptación al cambio climático.

## **1. MARCO TEÓRICO**

### **1.1. Marco legal regulatorio del cambio climático en Guatemala**

A partir de la firma de convenios y tratados internacionales, el Estado de Guatemala ha ratificado su compromiso de contribuir a disminuir los gases de efecto invernadero, mitigar y adaptarse a los efectos del cambio climático y reducir la vulnerabilidad ante amenazas potenciales. (MARN, 2018) A continuación, se describirán brevemente los instrumentos jurídicos que están establecidos dentro del marco del cambio climático en el país.

#### **1.1.1. Política Nacional de Cambio Climático (PNCC)**

La Política Nacional de Cambio Climático, fue el primer instrumento jurídico dentro del marco de cambio climático en el país y que, nació por medio del Acuerdo Gubernativo 329-2009 del Congreso de la República. Su principal objetivo ha sido que:

El Estado de Guatemala, por medio del Gobierno Central, las municipalidades, el sector organizado de la sociedad civil y la ciudadanía en general adopte prácticas de prevención del riesgo, disminución de la vulnerabilidad y aumento de la capacidad de adaptación al cambio climático. (MARN, 2009, p.45)

### **1.1.2. Ley marco para la reducción de la vulnerabilidad, la adaptación obligatoria ante los efectos del cambio climático y la mitigación de gases de efecto invernadero**

La Ley Marco de Cambio Climático nace a través del Decreto 7-2013 del Congreso de la República y surge a raíz de los esfuerzos en conjunto de varios sectores, liderada por el MARN, su objetivo principal está contemplado en el artículo primero y es el de “establecer las regulaciones necesarias para prevenir, planificar y responder de manera urgente, adecuada, coordinada y sostenida a los impactos del cambio climático” (Congreso de la República, 2013, p.5).

En suma, el Artículo 23 de la referida ley establece que “todas las instituciones públicas promoverán acciones de divulgación, concientización, sensibilización y educación respecto a impactos del cambio climático” (Congreso de la República, 2013, p.15). Definiendo de esta manera la obligación de transmitir a la población la creación de una conciencia donde todos contribuyan a reducir la vulnerabilidad y se aumente la capacidad de adaptación al cambio climático.

En síntesis, la Ley Marco de Cambio Climático (LMCC) establece estrategias y principios para hacerle frente a los efectos del cambio climático en Guatemala y tiene la facultad de crear entidades y otros instrumentos que contribuyan a la promoción y ejecución de planes, programa y proyectos de gestión de riesgo, vulnerabilidad y adaptación al cambio climático.

En el Artículo 12 de la ley en mención específica que las municipalidades del país deben realizar su ordenamiento territorial con enfoque de adaptación y mitigación al cambio climático y la Secretaría de Planificación y Programación de la Presidencia (SEGEPLAN), el Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales

(MARN) y el Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación (MAGA) deberán prestar colaboración para fines del cumplimiento de la ley.

### **1.1.3. Plan de Acción Nacional de Cambio Climático (PANCC)**

El Plan de Acción Nacional de Cambio Climático surge de la Ley Marco de Cambio Climático, específicamente del Artículo 11, donde manda al Consejo Nacional de Cambio Climático (CNCC) y a la SEGEPLAN elaborar conjuntamente dicho plan, este será actualizado conforme a los resultados de las comunicaciones nacionales. (Congreso de la República, 2013)

El PANCC se crea con el objeto de preparar a las instituciones y a la población en general ante los riesgos de los impactos potenciales productos del cambio climático, previniendo y reduciendo a la vez sus efectos negativos, y persigue priorizar a la población vulnerable y sus medios de vida. Busca operativizar la LMCC y la Política Nacional de Cambio climática (PNCC) de manera armónica, a razón de reducir la vulnerabilidad y promover en todos los sectores la adaptación al cambio climático. (MARN, 2018)

## **1.2. Elementos para el análisis de la vulnerabilidad al cambio climático**

El cambio climático es una realidad que está modificando y modificará las condiciones de los territorios a una escala global en lo referente a los ecosistemas, elementos vitales, y las poblaciones humanas. En este contexto, Guatemala es uno de los países más vulnerables a los impactos del cambio climático debido a sus características geográficas, biofísicas y socioeconómicas. Según el Índice de Riesgo Climático Global (IRC) a Largo Plazo (1994-2013), Guatemala se encuentra en la posición 10 de los diez países más afectados con un índice de pérdidas por unidad de producto del PIB en porcentaje de 0.67,

superando al presupuesto en inversión pública de lo dispuesto al cambio climático. (Germanwatch, 2017)

### **1.2.1. La amenaza climática y el peligro**

Lempis (2012) señala que el término de amenaza en relación con el cambio climático está vinculado cuando se producen registros de valores extremos frente a los valores promedio de fenómenos conocidos como precipitación, temperatura, velocidad del viento, nivel de mar o del caudal de un río, bien, cuando se registra la combinación de estos eventos en un mismo lugar y tiempo, y principalmente se caracteriza por su magnitud, intensidad o duración de la manifestación climática.

Al hablar de amenazas, es necesario recalcar que debe analizarse dentro del contexto de la gestión del riesgo de desastres, ya que son fenómenos externos a la naturaleza, medio ambiente o un territorio y que, en definitiva, no se puede tener control sobre ella. Con regularidad, estas amenazas representan serios daños a los ecosistemas, a la salud humana, daños a la infraestructura pública y privada. (Massiris, 2002)

El peligro es una condición de clima o tiempo, que cuando se manifiesta en amenaza, este puede producir efectos negativos en un sistema o entorno vulnerable. Por otro lado, está estrechamente vinculado con la información de los eventos meteorológicos o climáticos y se representa por la “probabilidad de que ocurra un fenómeno en particular ciclón tropical o huracán, sequía, heladas, etc” (Magaña, 2013, p.25).

El concepto de amenazas climáticas está asociado con reconocer que algo puede causar daño (personas, lugares poblados, áreas de convergencia o

de interés, sistemas naturales, entre otros, y con las vulnerabilidades (situaciones propias que hace frágil a la población, lugar poblado o el sistema frente a una amenaza) y que, combinando estas dos variables, puede aumentar el riesgo a desastres en un territorio determinado. El reconocimiento de que un territorio se encuentra amenazado, y la identificación de sus vulnerabilidades, permite accionar e incluir acciones e intervenciones que promuevan la mitigación y la adaptación ante el cambio climático. (SEGEPLAN, 2018)

#### **1.2.2. Amenazas naturales**

Una amenaza natural puede definirse como un proceso geológico o climatológico potencialmente dañino para la población. Su ocurrencia, de acuerdo con su intensidad, puede provocar desastres o catástrofes, que involucran desde la pérdida de vidas humanas y graves daños en la infraestructura local, caminos, etc. (Funes, 2017, p. 65)

#### **1.2.3. Amenazas antropogénicas**

Según Cardona *et al.*, (2010) una amenaza antropogénica resulta ser un peligro latente que se encuentra asociado con la producción económica, la intervención humana, el consumo de bienes y servicios y con la edificación de obras de infraestructura. El concepto está más asociado a los diferentes tipos de contaminación del agua, aire y suelo, incendios y explosiones entre otros.

#### **1.2.4. Gestión de riesgos de desastres**

El concepto de gestión de riesgos de desastres, inclusive el proceso y la puesta en práctica, hoy en día es relativamente nuevo, tal como lo indica Lavell (2011), ya que en los últimos 30 años se ha considerado, reflexionado y puesto en discusión en distintos escenarios internacionales, principalmente en América

Latina, y más aún, después de acontecimientos climáticos principales y sus efectos sumamente devastadores, como la manifestación del Huracán Mitch en 1998 en varios países de Centro América. En ese sentido, “un riesgo de desastres no solo es causado por la probabilidad de un riesgo físico, sino también por su contexto más amplio: social, político, económico y natural en el que se producirá el peligro” (GIZ, 2016, p. 34).

Para comprender y determinar el riesgo de desastre ante el cambio climático, es fundamental analizar la forma de cuantificar la vulnerabilidad a través de un índice, es decir, el riesgo se representa en términos de probabilidad, es decir, la posibilidad de que presente el peligro y que cause estragos en un lugar y momento determinado. El peligro, para que se pueda entender y analizar, debe evaluarse con base a datos históricos y definir su periodo de retorno o de recurrencia. (GIZ, 2016)

Analizando el riesgo, Magaña (2013) hace referencia que es necesario establecer cuanto es mucho o poco riesgo y hasta qué momento se requiere cuantificar los peligros, y por ende, la vulnerabilidad, y para determinarlos se requiere analizar datos históricos que reflejen la probabilidad de ocurrencia de fenómenos atmosféricos considerados peligro, sin embargo, no existe un equivalente para la vulnerabilidad.

Es importante mencionar que los impactos producidos en los sistemas no siempre están vinculados al cambio climático, pues el modelo de planificación de desarrollo territorial no considera el análisis de vulnerabilidad de una forma integral y coherente. (MINANMBIENTE, 2018)

Para reducir la vulnerabilidad de impactos negativos por el cambio climático, es indispensable hablar de reducir su magnitud, pero también su

vulnerabilidad. Poco a poco se conoce que esta juega un papel clave para hablar de impactos, puesto que los sistemas y su funcionamiento dependen de muchas más cosas que solo el clima. (Magaña, 2013)

En la guía metodología para la elaboración del PDM-OT, la (SEGEPLAN) (2018), se puede ver que el enfoque de gestión de riesgos de desastres está integrado en el marco político, jurídico y administrativo del país con base en las prioridades nacionales de desarrollo y, en específico, del componente de cambio climático como prioridad especial y eje transversal de la planificación de desarrollo y ordenamiento territorial.

#### **1.2.5. Vulnerabilidad al cambio climático**

Como ya se viene hablando anteriormente, la vulnerabilidad es el elemento medular que debe analizarse detenidamente, ya que permite comprender la situación actual de los sistemas ante los distintos riesgos que pueden afectar y modificar los elementos naturales y antropogénicos que los integran. (IPCC, 2014)

Según el (Cuarto Informe de Evaluación del IPCC citado en GIZ, 2017), define el término de vulnerabilidad como el grado en que un sistema es susceptible e incapaz de hacer frente a los efectos adversos del cambio climático, incluyendo la variabilidad y los extremos climático. La definición de vulnerabilidad ante el cambio climático permite comprender de una forma integral las relaciones de causa y efecto que entre sí existen y su apremiante impacto en los sistemas demográficos, sectores económicos, sociales y ambientales.

La Ley marco para regular la reducción de la vulnerabilidad, la adaptación obligatoria ante los efectos del cambio climático y la mitigación de gases de efecto invernadero, el Decreto 7-2013 del Congreso de la República de Guatemala

(2013) define a la vulnerabilidad como la “medida en que un sistema es capaz o incapaz de afrontar los efectos negativos del cambio climático, incluso la variabilidad climática y los episodios extremos” (p. 26).

La vulnerabilidad da un panorama de la sensibilidad o fragilidad de las personas, de los sistemas económicos y de los sistemas naturales de ser potencialmente afectados, es decir, a la posibilidad de ser heridos o de recibir algún deterioro a su situación actual. (Magaña, 2013)

Por otro lado, el IPCC (2012) define a la vulnerabilidad como el grado al cual un sistema es susceptible e incapaz de hacer frente a los efectos adversos del cambio climático, incluyendo la variabilidad climática y sus extremos. Esta debe analizarse como una condición multifactorial, multisectorial, multiescalar y sistémica, de igual forma que el peligro. Es dinámica y definitivamente, recurrente.

Lempis (2012) acota que, la vulnerabilidad debe abordarse con la identificación de dos aspectos un tanto divergentes pero complementarios para medir un sistema, y estos son:

Vulnerabilidad definida como la “cantidad”, o potencial daño a un sistema por una amenaza climática o por su variabilidad, y; vulnerabilidad como un “proceso”, o valor en relación con las condiciones internas o el estado de un sistema, antes de soportar y enfrentar un evento relacionado con una determinada amenaza.

El primer aspecto que considerar se debe abordar desde el análisis de la vulnerabilidad biofísica o, vulnerabilidad relacionada con los resultados de un proceso, por ejemplo, cuando se quiere analizar de manera cuantitativa los

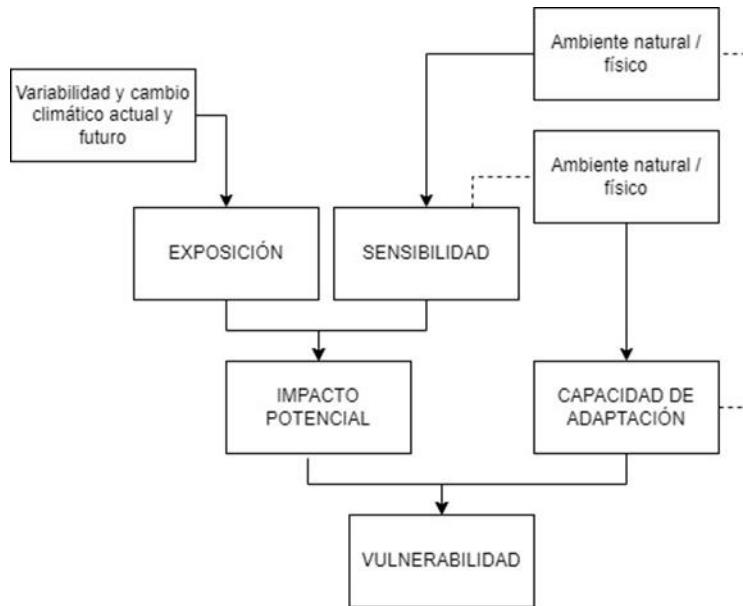
resultados de un fenómeno/evento en términos de las variables de vidas, daños y pérdidas económicas, ambientales y sociales y, en gran parte debe estar conceptualizado dentro del ámbito de la reducción del riesgo de desastres. La autora indica que se debe plantear una pregunta dentro de este aspecto para garantizar el abordaje dentro de este enfoque, siendo ¿qué tan vulnerable es el sistema frente a las amenazas x o y. (Magaña, 2013)

Para Lempis (2012), en el segundo caso se habla de vulnerabilidad social (o inherente) y es cuando el objetivo “es la compresión de los factores internos de un sistema que lo hacen vulnerable a los eventos críticos o choques y debe abordarse con la pregunta ¿Por qué el sistema es vulnerable? Para este enfoque, si bien pueden utilizarse datos cuantitativos, si lo hubiera, lo indispensable es permanecer en los datos cualitativos, ya que el interés está centrado en comprender los procesos.

El autor Magaña (2013) define que no existe una metodología universalmente aceptada para cuantificar la vulnerabilidad apremiante y que, en conjunto, con proyecciones del clima, permita estimar el riesgo que se enfrentará por las consecuencias al cambio climático.

En contraste, y según la definición del *Libro de la Vulnerabilidad* de la GIZ (2016), se establecen cuatro componentes clave que determinan a un sistema en cuanto es susceptible o vulnerable al cambio climático: exposición, sensibilidad, el impacto potencial y la capacidad de adaptación como se muestra en la figura 1.

**Figura 1. Componentes de la vulnerabilidad**



Fuente: GIZ y GmbH (2017). *El Libro de la Vulnerabilidad Conceptos y lineamientos para la evaluación estandarizada de la vulnerabilidad.*

En síntesis, la vulnerabilidad debe analizar en conjunto las condiciones biofísicas, sociales y económicas que inciden en la posibilidad de afectar a las personas, un sistema social y natural, debido a la ocurrencia de fenómenos naturales y que están en relación con su exposición, sensibilidad y capacidad de adaptación. (Magaña, 2013)

#### **1.2.6. Sensibilidad**

La sensibilidad determina el grado en que un sistema resulta afectado, positiva o negativamente por la exposición a la variabilidad climática. “La sensibilidad se representa por los atributos naturales y físicos del sistema, por ejemplo, la topografía, la capacidad de los diferentes tipos de suelo para resistir a la erosión, tipo de cobertura de la tierra” (GIZ, 2017, p. 21).

Sin embargo, la sensibilidad también se refiere a las acciones o interacciones humanas, hacia los sistemas que afectan su constitución física, como los sistemas de cultivo, manejo de aguas, agotamiento de los recursos ecosistémicos y la densidad poblacional, este último cabe en este concepto solo si contribuye directamente a un impacto en el cambio del clima.

#### **1.2.7. Exposición**

El IPCC (2014) establece que la exposición está vinculada con la presencia de personas, medios de vida (especies o ecosistemas), servicios y recursos ambientales, infraestructura pública o privada, actividades sociales, económicas o culturales en lugares y entornos que podrían verse afectados negativamente por los efectos del cambio climático.

Los factores de exposición incluyen la “temperatura, la precipitación, la evapotranspiración y el balance hídrico climático, así como los eventos extremos, tales como fuertes lluvias y la sequía” (GIZ, 2017, p. 21). En otras palabras, la exposición es un factor que genera vulnerabilidad, es decir, que si un sistema no se encuentra expuesto a un fenómeno específico no existe un riesgo. (Magaña, 2013)

**Figura 2. Exposición como intersección de amenaza y sistema de interés**



Fuente: GIZ y GmbH (2017). *El Libro de la Vulnerabilidad Conceptos y lineamientos para la evaluación estandarizada de la vulnerabilidad.*

### **1.2.8. Capacidad de adaptación**

La adaptación, o capacidad de adaptación, permite reducir la vulnerabilidad ante el cambio climático y permite el ajuste en los sistemas naturales y humanos que se presenta como respuesta a cambios climáticos actuales o futuros y sus efectos, el cual disminuye los daños o potencia las oportunidades de intervención. (Congreso de la República, 2013)

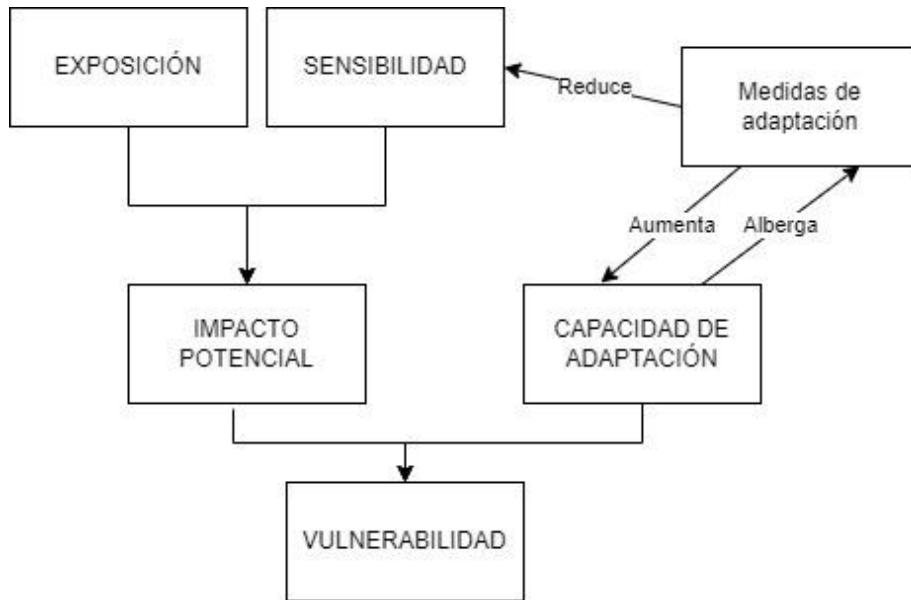
El libro de la vulnerabilidad de la GIZ (citado en IPCC 2009) describe la capacidad de adaptación como la capacidad de un sistema para ajustarse al cambio climático, incluyendo la variabilidad climática y los fenómenos extremos para moderar los daños potenciales, aprovechar las oportunidades o hacer frente a las consecuencias. El enfoque de capacidad de adaptación es un conjunto de factores que determinan la capacidad de un sistema de producir e implementar medidas de adaptación 0.

En síntesis, la adaptación es la capacidad que tienen los sistemas naturales y humanos en acoplarse a los efectos reales o proyectos del clima. Hablando de los sistemas humanos, la adaptación trata de evitar o reprimir los daños y procura revertirlos a su beneficio, y, por otro lado, en los sistemas naturales, normalmente la intervención humana puede facilitar el ajuste frente a las adversidades producidas por los efectos del clima mediante medidas o acciones. (IPCC, 2014)

#### **1.2.9. Reducción de la vulnerabilidad a través de la adaptación**

Según la GIZ (2016), las actividades de adaptación tienen como objetivo disminuir la vulnerabilidad al cambio climático a diferentes niveles (nacionales, departamentales, municipales o locales) y se fundamentan en una acción de adaptación inherente que puede ser utilizada para disminuir su sensibilidad a la exposición climáticas, es decir, la aplicación de medidas de adaptación al cambio climático reduce la sensibilidad de un sistema y aumentan la capacidad de adaptación, por consecuencia reduce la vulnerabilidad al cambio climático.

**Figura 3. Reducción de la vulnerabilidad por medidas de adaptación**



Fuente: GIZ y GmbH (2017). *El Libro de la Vulnerabilidad Conceptos y lineamientos para la evaluación estandarizada de la vulnerabilidad.*

Como se muestra en la figura 2, los factores de exposición y sensibilidad generan un impacto potencial, que agregándole acciones o medidas de adaptación específicamente en la sensibilidad, influyen y conforman la vulnerabilidad al cambio climático. La GIZ (2017) indica que para entender el análisis de la vulnerabilidad se debe realizar la siguiente fórmula:

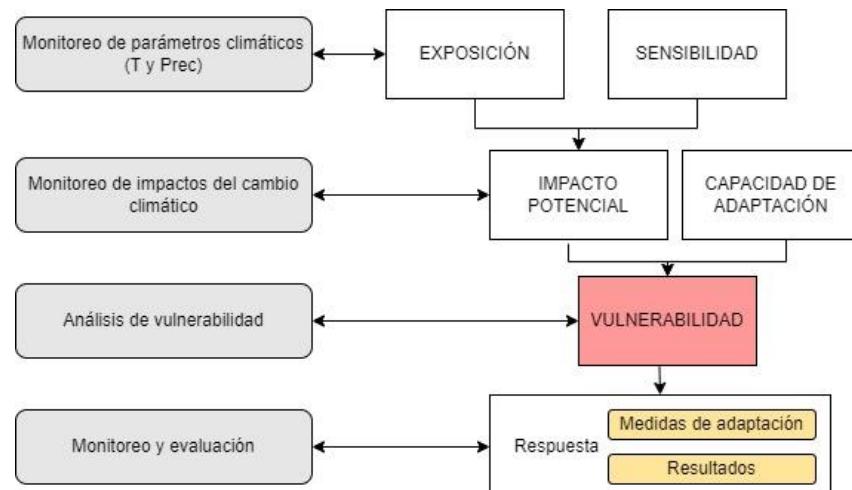
$$\text{Vulnerabilidad} = (\text{exposición} + \text{sensibilidad}) - \text{capacidad de adaptación}$$

En síntesis, la vulnerabilidad se puede disminuir aumentando la capacidad adaptativa, mediante medidas de adaptación. Esto forma un sistema de retroalimentación: en cuando más medidas de adaptación se fomenten, más aumenta la capacidad adaptativa, y mientras haya más capacidad adaptativa por consecuencia se disminuye la vulnerabilidad del sistema o entorno. Para lograrlo, es importante establecer sistemas de información o indicadores, en los cuales, a

través de monitoreo y evaluación de la realidad, se puedan tomar decisiones de planificación. (De León, 2019)

Según la GIZ (2017), para conocer la exposición del sistema, es necesario establecer un monitoreo efectivo de temperatura y precipitación, esta se convierte en la amenaza principal y fenómenos hidrometeorológicos. Identificada la amenaza y la forma de medirla, se establece un sistema de monitoreo de los impactos potenciales del cambio climático. Estos indicadores nos permitirán realizar un análisis de vulnerabilidad basado en la realidad local, y así establecer respuestas adaptativas al cambio climático.

**Figura 4. Monitoreo de parámetros de vulnerabilidad**



Fuente: GIZ y GmbH (2017). *El Libro de la Vulnerabilidad Conceptos y lineamientos para la evaluación estandarizada de la vulnerabilidad.*

### 1.3. **Modelo conceptual: indicadores de vulnerabilidad e índices de cambio climático**

Según Magaña (2013), para entender de mejor manera la vulnerabilidad y su análisis, se requiere hacer una aproximación específica y hacerse tres simples

preguntas: vulnerable ¿A qué?, ¿Quién o qué es vulnerable? y ¿Por qué es vulnerable?

A manera de recapitular los factores que integran la vulnerabilidad, y respondiendo a las interrogantes, se torna más sencillo establecer los indicadores y la construcción de los índices de vulnerabilidad al cambio climático.

Entonces, vulnerable ¿A qué?, significa “reconocer la dinámica de los factores de peligro que existen en el entorno y su relación geoespacial con la población, el cual, permite estimar el nivel de exposición, con base en la proximidad al sitio donde se presenta el evento” (Magaña, 2013, p. 52). ¿Quién o qué es vulnerable?, conlleva analizar las condiciones de sensibilidad de individuos, regiones o sectores, a partir de las características del objeto en análisis, y en definitiva la relación que guarda con el peligro o amenaza. Y, por último, ¿Por qué es vulnerable?, esta interrogante es la clave ya que, se determina un panorama general de la vulnerabilidad y establece el análisis de los elementos que hacen a los sistemas afectables o vulnerables y el cual, permite el reconocimiento de sus capacidades de adaptación. (Magaña, 2013)

En ese sentido, De León (2019) indica que es necesario establecer un modelo conceptual que permita la identificación de indicadores de vulnerabilidad que permitan articular las medidas adaptativas, que sean viables y ejecutables e incluidas en la planificación estratégica territorial a niveles municipales y locales (microrregiones).

Magaña (2017) hace hincapié en que la calidad y la construcción de un modelo conceptual depende de tratar de explicar situaciones de la realidad reciente, y en ese sentido, se puede trabajar en un contexto de análisis multicriterio y que esta herramienta se constituya en un tomador de decisiones

abordando problemas complejos dentro del espectro cualitativo y/o cuantitativo. Existen diversas metodologías para evaluar la vulnerabilidad, la mayoría de las cuales se basan en el uso de indicadores. (Mendoza *et al.*, 1999)

Por otro lado, Lampis (2013) establece que los indicadores “sirven para ordenar y sistematizar información para la planificación, evaluación y toma de decisiones, y permiten constituir sistemas de información que dan resultado de las características cuantitativas de un ámbito institucional, económico, geográfico, cultural, educativo, ambiental, de riesgo, entre otros” (p.25). Los indicadores son como lo menciona también Magaña (2017) datos cuantitativos, productos de procedimientos establecidos por el investigador.

### **1.3.1. Indicadores de vulnerabilidad**

Magaña (2013) establece que el “uso de los indicadores en el marco del análisis de la vulnerabilidad permite analizar con qué facilidad varía el indicador en el tiempo, como también su tendencia reciente o la importancia que tiene” (p. 45). Los indicadores, por ser flexibles, dan una idea sobre el tipo de acción que podría cambiar la vulnerabilidad en el corto plazo. Por otro lado, permite proponer la ruta de hacia dónde iría la vulnerabilidad si no se implementasen acciones de adaptación, lo que se convertiría en una línea de acción basal. El autor señala el índice de vulnerabilidad se puede construir a través de promedios ponderados de indicadores y que se puede proponer cuál de los factores de vulnerabilidad (sensibilidad, exposición o capacidad de adaptación) se consideran más importantes en el futuro.

Según el *Libro de la Vulnerabilidad* de la GIZ (2017) los indicadores se utilizan en el análisis de la vulnerabilidad para evaluar o medir los factores de cada componente de esta, por ejemplo, un posible indicador que representa el

factor de acceso a la información, podría ser la cantidad de hogares con TV, y otros indicadores alternativos podrían incluir cantidad de hogares con radio o cantidad de hogares con acceso a internet. Es de recalcar que, todo indicador debe estar vinculado con los factores y componentes de vulnerabilidad.

**Tabla I. Ejemplo de factores e indicadores potenciales**

Componentes de vulnerabilidad	Factor	Posibles indicadores
<b>Exposición</b>	Precipitación	La precipitación media diaria durante 30 años (en mm)
		Número promedio de días con nevada en los meses de invierno (DEF) en los 10 años
<b>Sensibilidad</b>	Uso del suelo	Mapa de cobertura del suelo clasificado
	Tipografía	Gradiente de la pendiente (en %)
<b>Capacidad de adaptación</b>		PIB (en US\$/año) para el año 2000
	Pobreza	Porción de los ingresos familiares destinados a las necesidades básicas (en %) en el año 2000
		Proporción de la población que vive por debajo del umbral de pobreza nacional en 2000

Fuente: GIZ y GmbH (2017). *El Libro de la Vulnerabilidad Conceptos y lineamientos para la evaluación estandarizada de la vulnerabilidad.*

Magaña (2017) afirma que en el caso analizar la medida de los impactos, se debe pensar en que los indicadores midan el daño, y ejemplifica que estos deban ser cuantificables: porcentajes de hectáreas siniestradas o afectadas, número de personas afectadas, o pérdidas económicas registradas entre otros.

Es de considerar también “que la disponibilidad de este tipo de datos para años recientes constituirá un análisis de la historia de riesgo y de los impactos” (p.90).

### **1.3.2. Índice de vulnerabilidad al cambio climático**

Según el Banco de Desarrollo de América Latina CAF (2014), el índice de vulnerabilidad al cambio climático (IVCC) permite la posibilidad de evaluar el alcance y la severidad de los impactos potenciales del cambio climático en diversos sectores territoriales, considerando ampliamente también las acciones de adaptación. El este es determinado por la combinación de la exposición física de un sistema intervenido por las variaciones hidrológicas y meteorológicas (amenazas) y las características circunstanciales de la población y el grado por el cual la autoridad de gobierno lleva a cabo actividades de capacidad de adaptación efectivas.

En resumen, comprende el grado de exposición al riesgo, el grado de sensibilidad que posee un sistema y la habilidad del sistema para adaptarse mediante medidas al cambio climático. Para fines de la presente investigación, la vulnerabilidad se define como la función de exposición, sensibilidad y capacidad de adaptación, y se expresa de la siguiente forma:

$$\text{Vulnerabilidad} = (\text{exposición} + \text{sensibilidad}) - \text{capacidad de adaptación}$$

## **1.4. Ordenamiento territorial y su aplicación en la planificación local**

La aplicación del ordenamiento territorial en la planificación local es fundamental para lograr un desarrollo sostenible y equilibrado. Permite gestionar de manera adecuada el uso del suelo, promover la participación ciudadana y garantizar el bienestar de la comunidad a largo plazo.

#### **1.4.1. Nociones históricas del ordenamiento territorial**

El ordenamiento territorial (OT) es un concepto que en los países de Latinoamérica viene sonando desde la década de los ochenta, su origen ha sido concebido desde distintas perspectivas y a lo largo de los años se ha modificado según las necesidades de los territorios y los diferentes marcos legales que abarcan desde las políticas ambientales, urbanísticas, de desarrollo económico local y de descentralización. Vergara (1999) dice que el OT tiene como idea central el establecimiento de una estrategia o instrumento que permita el desarrollo sustentable de forma integral y que abarque distintos sectores transversales.

Muchos autores definen el OT basados en la interpretación según su naturaleza y objeto de estudio. En cuanto a su naturaleza, se enfatiza su concepción en ser una disciplina científica, un estudio multidisciplinario y técnico administrativo, un conjunto de intervenciones en políticas, métodos integrales y estrategias de desarrollo. (Cabeza, 2002)

En tanto al objeto, según este autor, indica que llevan implícitamente la idea de regular y organizar el uso, ocupación y transformación del territorio con intención de aprovechamiento óptimo, generalmente con el uso sustentable de los recursos naturales en estrecha concordancia con la distribución de asentamientos y actividades económicas.

Pero más allá de la interpretación, basados en su naturaleza y objeto, Méndez (1999) define el OT como un proceso integrador que articula una serie de mecanismos e instrumentos para intervenir y controlar la ocupación y uso del territorio y que ve necesario la evaluación de los impactos que causan las

actividades económicas sobre todo en el medioambiente y por ende el cambio sustancial que éste genera en la configuración territorial-social.

Basado en lo anterior, se puede concluir que el ordenamiento territorial resulta ser un proceso generador de condiciones y a la vez un instrumento de gestión para la planificación del territorio, de carácter técnico, político y administrativo con el que se estima, en un mediano a largo plazo, la organización y configuración del uso y ocupación del suelo, considerando las limitaciones y potencialidades, expectativas y aspiraciones de la población y su entorno general. El OT debe concretar su aplicabilidad mediante estrategias reflejadas en planes operativos que se materialicen sobre la realidad para alcanzar los objetivos de desarrollo globales y locales. (Massiris, 2002)

El OT articula 4 puntos medulares para su ejecución, las cuales son:

- El OT debe ser tratada como una política de Estado
- Se considera la que sea una política a largo plazo
- El OT es un instrumento esencial para la planificación
- El fin supremo del OT es elevar el nivel de vida de las personas y buscar un desarrollo integral.

Según lo planteado anteriormente, se dice entonces que el OT, en los países de América Latina son concebidos desde un enfoque de política, y que las principales características que los diferencian del resto son el origen y la naturaleza diversa, el desarrollo incipiente y la intención de globalidad, es decir, la intención de construir una armonía entre las actuaciones sectoriales y territoriales en las normas y la desarticulación y descoordinación institucional en la práctica. (Cabeza, 2002)

Sin embargo, es necesario mencionar que, en la región, previo a la estandarización de la implementación de las políticas como un conductor del ordenamiento territorial, dichos países latinoamericanos incursionaron la planificación estratégica, dejando a un lado la planificación regional que consistía básicamente en el establecimiento de planes de índole económicos, de escala plurisectorial y que a partir de la década de los años 50, la planificación urbana comenzó a tomar auge por la preocupación del crecimiento acelerado de las principales ciudades de la región y la identificación del papel de los sistemas urbanos como columnas vertebrales de los territorios. (Instituto Geográfico Agustín Codazzi, 1998)

#### **1.4.2. La participación ciudadana de los procesos del ordenamiento territorial**

Por otro lado, es necesario establecer el rol de la participación ciudadana en los procesos de planificación y ordenamiento territorial en los países de Latinoamérica, puesto que, así como se plantea en la mayoría de estos, dicha participación es débil y no contempla su integración en los procesos metodológicos, por lo que entonces, el OT pasa a ser un instrumento impositivo y no inclusivo, sumado a eso, que los planificadores no reflejan las necesidades verdaderas de ordenamiento de la población en la toma de decisiones. (Massiris, 2002)

#### **1.4.3. Ordenamiento territorial con enfoque ambiental**

El enfoque ambiental en la planificación territorial dio sus inicios en los años setenta y ochenta, principalmente para regular el uso y aprovechamiento de los recursos naturales. Sin embargo, en el año 1973 fue usado el término “ecodesarrollo” por Maurice Strong, quien da a relucir la idea del desarrollo

económico y social, pero que debía considerarse la variable ambiental. (Salinas, 1988)

El término de ecodesarrollo no fructificó en la planificación territorial, ya que, en los años siguientes, específicamente en 1987 con la llegada del concepto de desarrollo sustentable, fue impulsada por el informe *Acción para un futuro común* y posteriormente suscitada en la Cumbre de Río en 1992. El desarrollo sustentable planteaba un concepto espacial, el cual consideraba el OT como “una línea maestra para alcanzar el desarrollo, reconociendo al OT como la distribución geográfica de la población y sus actividades de acuerdo con la integridad y potencialidad de los recursos naturales que conforman el entorno físico-biótico” (Comisión de Desarrollo y Medio Ambiente de América Latina y el Caribe, 1991, p.35).

#### **1.4.4. Ordenamiento territorial en el contexto nacional**

SEGEPLAN (2018) establece que la planificación territorial es un proceso dinámico de interacción entre el Estado y la sociedad y que tiene como objeto articular las políticas públicas existentes y su implementación en el territorio con las prioridades del país, todo con el objetivo de administrar los recursos públicos en la perspectiva de lograr el desarrollo sostenible. Por otra parte, la planificación del desarrollo en el país se operativiza por medio del Sistema Nacional de Planificación (SNP) y tiene como objetivo tejer la institucionalidad en el territorio a través de intervenciones concretas tales como, políticas, la planificación territorial y el presupuesto municipal e institucional, como un camino natural para coadyuvar al desarrollo humano de manera integral e inclusivo.

#### **1.4.5. Territorio**

Al hablar de territorio, no solo se refiere al espacio geográfico, sino también, a la integración de elementos físicos que inciden en las actividades humanas, y que por ende se dinamiza con los factores ambientales, económicos, sociales, políticos y culturales. La SEGEPLAN (2011) la define como el “espacio geográfico que ha sido apropiado, ocupado por un grupo humano, el cual se va paulatinamente organizando y transformando conforme a propiedades, condiciones físicas, creencias e ideas que tal grupo ha desarrollado a lo largo de su existencia” (p.25).

#### **1.4.6. Planificación**

La planificación responde ser un proceso sistemático que soporta cualidades técnicas, políticas y participativas y que se basa en el conocimiento, análisis e interpretación de datos cualitativos y cuantitativos dentro de los procesos y dinámicas sociales, económicas ambientales (riesgo y cambio climático) y políticos institucionales. La SEGEPLAN (2016) menciona que la planificación se categoriza según su jerarquía y amplitud y se divide en: sectorial, institucional y territorial.

La sectorial se refiere a la gestión con carácter indicativo, interinstitucional y orientada por políticas, y estas puede ser transversales o sectorial y dan respuesta a temas o propósitos meramente a un grupo de instituciones; la institucional, “alude a la forma, mecanismos o instrumentos que ordenan los procesos de una institución en función del propósitos nacionales, sectoriales o territoriales” (SEGEPLAN, 2016, p.17). Básicamente son de tipo instrumental, es decir, miden las acciones y recursos institucionales necesarios para alcanzar los objetivos de desarrollo; y por último la territorial hace referencia a dos

dimensiones específicamente, lo urbano y lo rural, que, en ese marco, el territorio refleja la identidad cultural de los conglomerados sociales, la interacción de estos, su modificación e intervención en el espacio para alcanzar el bienestar social. (SEGEPLAN, 2016)

En síntesis, la planificación debe ser abordada en relación con los plazos y alcances, no olvidando que es un ejercicio prospectivo y añade en la articulación del conjunto de procesos, la oportunidad de establecer escenarios políticos, sociales, económicos y ambientales (riesgo y cambio climático) y con ello determinar estrategias de país que den respuesta al futuro deseado, a través de la implementación de acciones que reduzcan la problemática y por consecuencia se articulen las potencialidades en escenarios futuros, y “que incluya el conocimiento del territorio en cuanto a las amenazas y vulnerabilidades con el objeto de fortalecer las capacidades de gestión de riesgos para la reducción de vulnerabilidades en los territorios” (SEGEPLAN, 2018, p.25).

#### **1.4.7. Plan de desarrollo municipal y ordenamiento territorial**

El ordenamiento territorial con enfoque de planificación responde a ser un “proceso mediante se orienta la ocupación y utilización del territorio y dispone cómo mejorar la ubicación en el espacio geográfico de los asentamientos, la infraestructura física, vías de comunicación, servicios públicos, las construcciones y las actividades socioeconómicas” (Instituto Geográfico Agustín Codazzi, 1998, p.21).

En concordancia con la SEGEPLAN (2018) establece que el ordenamiento territorial “se concibe como un proceso metodológico de diálogo y concertación ciudadana entre diferentes actores que con intereses particulares interactúan y

conviven en el territorio” (p.36). Sin embargo, esa relación requiere y adquiere corresponsabilidades entre la sociedad y el gobierno municipal.

Dentro del universo del ordenamiento territorial, la SEGEPLAN (2018) indica que la “gestión del riesgo y los efectos del cambio climático deben ser atendidos mediante la gestión integral con enfoque transversal el territorio como mecanismo para la reducción de las amenazas y vulnerabilidades y, la planificación territorial de adaptación al cambio climático” (p.18).

## **2. MARCO METODOLÓGICO**

### **2.1. Propuesta del modelo metodológico para el análisis de vulnerabilidad al cambio climático**

La realización del índice de vulnerabilidad al cambio climático a escala local es derivada del extenso análisis del marco conceptual, referencial, legal y teórico consultado. Es necesario tener claro los elementos utilizados y la ruta que se debe emplear para la ejecución de las acciones que dan cumplimiento a los objetivos planteados en esta investigación, y por consecuencia a la obtención de los resultados presentados más adelante.

La propuesta metodológica se resume en fases y estas en actividades que orientaron a la generación de información concerniente a la vulnerabilidad climática del municipio de Salamá, del departamento de Baja Verapaz.

#### **2.1.1. Fase I. Revisión literaria y propuesta del modelo conceptual de cambio climático**

Esta fase inicial o de preparación da respuesta a tres acciones concretas:

- a) determinar un modelo conceptual basado en la revisión de los marcos referenciales, legales, teóricos y conceptuales que permita contextualizar la investigación relacionada al cambio climático y sus distintos componentes;
- b) establecer las bases para la determinación de indicadores de cambio climático y
- c) los elementos metodológicos para el establecimiento del índice de

vulnerabilidad al cambio climático a nivel local. Para el cumplimiento de dicha fase, se definen a continuación las actividades empleadas.

#### **2.1.1.1. Lectura de bibliografía especializada**

En este paso, se realiza una lectura exhaustiva de la información relacionada con el objeto de la investigación, por lo que se efectúa la lectura de informes, libros, artículos, investigaciones, publicaciones web, convenios internacionales ratificados por Guatemala en materia de cambio climático, leyes, reglamentos, políticas, entre otros. La finalidad es identificar y sustentar la base teórica para desarrollar un modelo conceptual de los elementos de cambio climático y su integración en los procesos de planificación y ordenamiento territorial.

#### **2.1.1.2. Sistematización y determinación de los componentes del modelo conceptual**

La identificación de los elementos legales, conceptuales y referenciales del modelo se define por medio de la sistematización conceptual, es decir, la construcción de una propuesta que permita definir las variables, indicadores, componentes de vulnerabilidad, temas de adaptación y los factores para el cálculo del índice de vulnerabilidad al cambio climático a una escala local.

#### **2.1.2. Fase II. Gestión y recolección de variables e indicadores de cambio climático**

En cuanto a la gestión de las variables e indicadores identificados de las fuentes oficiales, se prevé que estos sean medibles y calculables y para fines de esta investigación los indicadores están relacionados al cambio climático con especial enfoque en la vulnerabilidad.

### **2.1.2.1. Identificación de variables y determinación por componentes**

Posterior a la definición de la propuesta del modelo conceptual, se define el “listado de datos cuantitativos” (variables) que servirán para la definición y construcción de indicadores de cambio climático. Para este efecto, las variables serán identificadas y recopiladas a través de fuentes oficiales, municipales o bien la recolección in situ si no existieran o no estuvieran disponibles. Las variables en mención serán todos los datos espaciales y descriptivos que permitirán entender el contexto real del municipio, por ejemplo: caminos rurales y urbanos, áreas agrícolas, zonas de cobertura boscosa, ubicación de nacimientos, localización de escuelas, áreas deportivas, etc. Se prevé que éstas se agrupen por componente según sea su tipo, esto con el fin de poder realizar una gestión adecuada de los datos y su posterior procesamiento en los sistemas de información geográfica (SIG).

### **2.1.2.2. Revisión y selección de variables e indicadores existentes de datos oficiales**

La revisión y selección de indicadores existentes permitirá contar con una línea base que contribuirá al cálculo del (IVCCL). Los indicadores existentes serán identificados de las fuentes oficiales de las instituciones rectoras vinculadas a las diferentes temáticas contextuales del país. Para efectos de la presente investigación se hará una revisión del set de indicadores que propone la SEGEPLAN en la caja de herramientas del proceso de elaboración de los PDM-OT y se extraerán los necesarios según será establecido en el modelo conceptual. Como herramienta de recolección, será utilizada la ficha técnica para identificación y sistematización de indicadores.

### **2.1.2.3. Revisión y selección de variables provenientes de inventario de datos e información municipales**

Los datos locales son esenciales para comprender la composición espacial y las dinámicas sociales, económicas y ambientales que se interrelacionan y caracterizan un territorio. Para el caso del municipio de Salamá, en este paso se realizará la revisión y selección de variables o información básica que la municipalidad posee. Dicha información será recabada en formatos: shp, cad, jpg y material cartográfico impreso.

Posterior a la revisión de las variables, éstas fueron compiladas por temática y sistematizadas a través de una ficha técnica denominada ficha técnica para sistematización de variables. La ficha técnica configurará las características y atributos de cada variable.

### **2.1.2.4. Recopilación de variables in situ (información básica local)**

Superadas las etapas de revisión y selección de datos, ya sean de variables o indicadores existentes, se revisó el listado de datos cuantitativos y se determinarán las variables necesarias que serán objeto de recopilación en campo. Para esta actividad se realizarán recorridos de campo y se utilizarán libreta de notas, mapas cartográficos con imágenes satelitales como base de los lugares identificados y el levantamiento de datos o puntos de ubicación con dispositivo GPS.

### **2.1.3. Fase III. Análisis de la información y determinación de indicadores de cambio climático**

En la evaluación de la vulnerabilidad, el rol de los indicadores de cambio climático es desglosar la vulnerabilidad en componentes tangibles (exposición, sensibilidad y capacidad de adaptación) y como ya se dijo antes, cada indicador se selecciona con el fin de cuantificar cada variable. Para realizar el análisis de la vulnerabilidad, los indicadores deben ser directos en su vínculo con el fenómeno que se están destinando para medir.

#### **2.1.3.1. Cálculo de indicadores mediante cruce de variables**

Para realizar el cálculo de los indicadores, se realiza un análisis por medio del software especializado SIG. Este procedimiento se realizará por medio del cruce de variables o capas (shps), realizando inicialmente una selección por atributos de las dos variables, para determinar los datos requeridos, posteriormente el procesamiento de intersección y clips de datos para obtener finalmente una capa resultante indicador.

#### **2.1.3.2. Normalización de indicadores**

El proceso de normalización de indicadores consiste en estandarizar los atributos de cada capa, es decir, establecer la misma unidad de medida (hectáreas, kilómetros cuadrados, coordenadas GTM) para cada indicador y generar las condiciones propicias para la construcción de los subíndices. El fin de la normalización es eliminar las diferencias de escalas y hacer comparables los valores entre sí.

La normalización se realizará por medio del software SIG y se exportará una tabla de atributos en formato .csv para su posterior lectura en una hoja de cálculo de Excel. Dicha hoja de cálculo indicará a qué subíndice corresponde cada indicador según sea establecido previamente en el modelo conceptual.

#### **2.1.3.3. Determinación de subíndices de vulnerabilidad mediante proceso SIG**

La determinación de los subíndices es clave para el proceso del análisis de la vulnerabilidad, y consiste en la compilación del total de indicadores correspondientes por subíndice, agrupándolos por sensibilidad, exposición y capacidad de adaptación. Este proceso se realizará en dos partes, realización del promedio del total de los indicadores en una hoja de cálculo de Excel y la agrupación de las capas de los indicadores en el software SIG para su posterior representación, ya sea a través de una composición cartográfica (mapas) o bien por medio de gráficas.

#### **2.1.3.4. Determinación del índice de vulnerabilidad al cambio climático local**

El índice de vulnerabilidad a cambio climático es el proceso final y resultante, por el cual se determinarán las condiciones del municipio en relación su nivel de exposición, sensibilidad y capacidad de adaptación.

Para la determinación del índice de vulnerabilidad se realizan dos procesos clave; el primero es la creación de una base de datos con todos los indicadores seleccionados. Para los indicadores de sensibilidad y exposición se determina el valor máximo de cada variable que refleja la máxima severidad, a diferencia de los indicadores de capacidad de adaptación, el valor máximo reflejará el valor potencial.

El proceso seguido es la realización del cálculo meramente del índice y será a través de la siguiente fórmula.

$$\text{Vulnerabilidad} = (\text{exposición} + \text{sensibilidad}) - \text{capacidad de adaptación}$$

El proceso final será la representación gráfica del IVCCCL a través del uso del software SIG, donde se estandarizará el modelo y definirán las escalas por medio de colores. Los valores serán de 0 a 1, donde 0 serán los valores bajos, 0.5 los valores medios y 1 valores altos.

#### **2.1.4. Fase IV. Análisis de la caja de herramientas y guía metodológica del PDM-OT de Salamá**

El análisis de la guía metodológica y sus herramientas proporcionados por la SEGEPLAN para la elaboración de los PDM-OT es fundamental para comprender los procesos vinculados a la gestión del riesgo y cambio climático y cómo llevarlo a cabo en los territorios.

##### **2.1.4.1. Revisión y análisis de la guía metodológica PDM-OT**

La revisión y análisis de la guía metodológica para la elaboración de los Planes de Desarrollo y Ordenamiento Territorial es fundamental para comprender los elementos establecidos en el marco del enfoque de gestión del riesgo y cambio climático. Dentro de la ruta metodológica será necesario revisar las fases inherentes del Modelo de Desarrollo Territorial Actual (MDTA).

#### **2.1.4.2. Revisión y análisis de las herramientas PDM-OT**

La caja de herramientas para la construcción de los PDM-OT será objeto de análisis, ya que proporcionará las bases para la identificación los procesos que se deben realizar en la elaboración de los PDM-OT. Las matrices para analizar serán las que están establecidas dentro la fase 1 del MDTA matrices para análisis de amenazas y vulnerabilidades, para el análisis de los usos actuales y para el análisis de problemáticas y potencialidades.

#### **2.1.4.3. Revisión y análisis del documento PDM-OT de Salamá**

Para efectos de la investigación se realizará el análisis del documento elaborado por la mesa técnica del municipio de Salamá, Baja Verapaz, principalmente las fases 1, 2 y 3 de la ruta metodológica correspondiente a la construcción del modelo de desarrollo territorial actual, específicamente la generación de condiciones, el diagnóstico y situación actual que engloba el análisis de amenazas y vulnerabilidades identificadas por microrregión.

La revisión de dicho documento dará las luces para comprender el análisis de la vulnerabilidad y las amenazas que se identificaron al realizar el proceso PDM-OT y su vinculación con el modelo de desarrollo futuro (MDTF).

**2.1.5. Fase V. Análisis comparativo del índice de vulnerabilidad al cambio climático y el plan de desarrollo municipal y ordenamiento territorial del municipio de Salamá, Baja Verapaz y propuesta metodológica para el análisis de la vulnerabilidad**

El análisis comparativo del Índice de Vulnerabilidad al cambio Climático Local realizado a partir de indicadores y lo establecido en la matriz de análisis de amenazas y vulnerabilidad definido mediante la guía del PDM-OT será el producto resultante de la investigación. Se prevé que el resultado de realizar el (IVCCL) sea un proceso metodológico alternativo para contribuir al enfoque de la gestión de riesgo y cambio climático en los PDM-OT.

**2.1.5.1. Análisis comparativo del IVCCL y del PDM-OT de Salamá**

La finalidad de esta actividad es analizar los resultados del índice de vulnerabilidad a cambio climático a nivel local del municipio de Salamá y contrastarlos con los resultados del análisis de amenazas y vulnerabilidades realizado en el proceso de elaboración del PDM-OT en dicho municipio.

**2.1.5.2. Sistematización del proceso de elaboración del IVCCL como propuesta metodológica para el análisis de la vulnerabilidad**

La sistematización del proceso de construcción del IVCCL, los resultados y la comparación de ambos procedimientos para analizar la vulnerabilidad al cambio climático definirá una metodología de complemento al ya establecido por la SEGEPLAN y su guía para la elaboración de los PDM-OT. Se espera la

integración de los resultados para fortalecer el análisis de vulnerabilidad por cada microrregión en el municipio de Salamá, Baja Verapaz.

### **3. PRESENTACIÓN DE RESULTADOS**

En este capítulo se presentan los resultados obtenidos derivado de la investigación con el fin de contribuir al aumento de las capacidades de adaptación al cambio climático a través del análisis de la vulnerabilidad desde la perspectiva local y su integración al proceso metodológico PDM-OT del municipio de Salamá, del departamento de Baja Verapaz. Para una mejor compresión y armonización de dichos resultados, estos se presentan basados en los objetivos específicos planteados y se desarrollan por fases y actividades.

#### **3.1. Determinación de los componentes del modelo conceptual de cambio climático**

Derivado de la identificación de los elementos legales, conceptuales y referenciales, se construyeron los componentes del modelo conceptual de cambio climático, los cuales son: nivel territorial, amenazas priorizadas, componentes de vulnerabilidad, temas de adaptación y subíndices de vulnerabilidad.

##### **3.1.1. Nivel territorial**

Basados en la Guía Metodológica para la elaboración del Plan de Desarrollo Municipal y Ordenamiento Territorial de la SEGEPLAN (2018), el territorio es un sistema complejo donde interrelacionan factores económicos, sociales, ambientales, culturales y políticos, donde, las personas delimitan, se apropián y ocupan para realizar actividades que con el tiempo se van transformando conforme a sus costumbres, tradiciones, ideas, valores y

creencias, pero sobre todo por la configuración física del terreno donde se establecen.

El nivel territorial definido por esta secretaría, en cuanto a la implementación, gestión y toma de decisiones, se constituye el municipio como la unidad base y la microrregionalización de este como las formas divididas de los lugares poblados y centralidades. Se sustenta esta premisa en base al Código Municipal, en sus artículos 3, 4 y 22 sobre la autonomía, formas de ordenamiento y división territoriales respectivamente.

Resultado del análisis de datos oficiales, PDM-OT y registro de datos locales provisto por la Dirección de Desarrollo Territorial de la municipalidad de Salamá, se identificaron 178 lugares poblados, de los cuales 66 son aldeas, 60 caseríos, 24 colonias 9 barrios, 10 fincas, 4 sectores, 3 parajes, 1 lotificación y 1 hacienda.

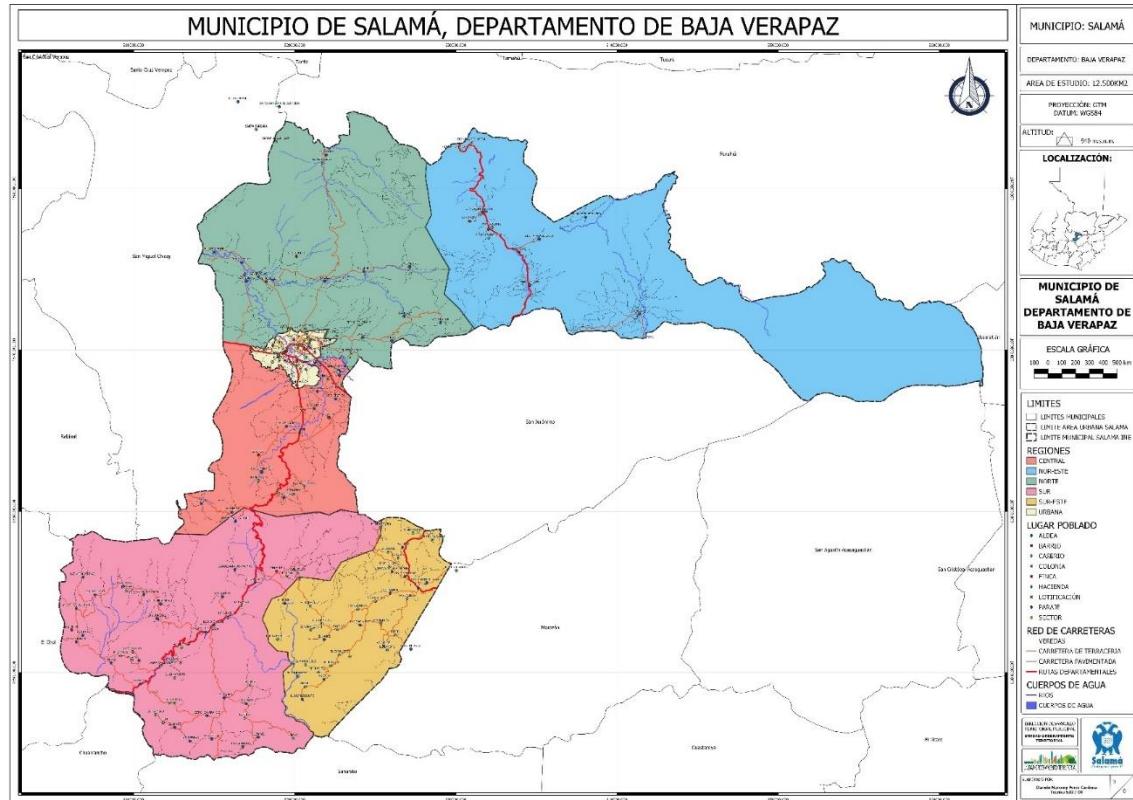
De lo anterior, existen priorizados 6 microrregiones agrupando los lugares poblados de la siguiente forma:

**Tabla II. Microrregiones del municipio de Salamá, Baja Verapaz**

No. Microrregión	Microrregión	Cantidad de lugares poblados
1	Nor - oeste	12
2	Norte	21
3	Urbana	33
4	Central	23
5	Sur	52
6	Sur - oeste	37
<b>Total</b>		<b>178</b>

Fuente: elaboración propia, con datos de la Dirección de Desarrollo Territorial de la Municipalidad de Salamá.

**Figura 5. Mapa de microrregiones del municipio de Salamá, Baja Verapaz**



Fuente: Pérez (2020). *Plan de Desarrollo Municipal y Ordenamiento Territorial, Salamá.*

### **3.1.2. Amenazas priorizadas**

Las amenazas naturales seleccionadas fueron derivadas de los efectos del cambio climático y puestas en común de acuerdo con los marcos referenciales, políticos y legales quedando de la siguiente manera:

**Tabla III. Definición de amenazas de acuerdo con el marco referencial, jurídico-político**

<b>Factor desencadenante (IPCC)</b>	<b>Amenaza producto del Cambio Climático (LMCC, PANC, PDM-OT)</b>	<b>Síntesis Amenaza</b>
Aumento de la temperatura y variación en los patrones de precipitación	Sequías Desertificación Otros efectos	Sequía
Aumento de la frecuencia e intensidad de tormentas tropicales y huracanes, así como el aumento en la precipitación.	Inundaciones Deslizamientos de tierras	inundaciones Deslizamientos de tierra
Elevación del nivel de mar		

Fuente: elaboración propia.

Las amenazas seleccionadas derivadas del análisis del factor desencadenante y las amenazas determinadas por la Ley Marco de Cambio Climático, Plan de Acción Nacional de Cambio Climático y el PDM-OT son:

### **3.1.2.1. Sequías**

Esta variable contempla el área del municipio considerado como corredor seco y que corresponde a las áreas amenazas por sequía en el año 2018.

### **3.1.2.2. Inundaciones**

Según el modelo metodológico que analiza la vulnerabilidad, con relación a la amenaza inundación, toma como base las áreas de riesgo en Guatemala en

el año 2018. La predicción de esta amenaza considera los aspectos técnicos-científicos que utiliza la metodología de TerraView 4.2.2 y su plugin TerraHydro de S. (Rossini, 2018) Esta metodología utiliza una combinación de datos sobre la profundidad de terreno, así como su topografía natural, orientación de la pendiente y datos de precipitación promedio anual para la república de Guatemala del Instituto Nacional de Sismología, Vulcanología, Meteorología e Hidrología (INSIVUMEH) considerando tres escenarios con periodos de retorno de 10, 100 y 500 años.

Además, estas capas de inundación no consideran los canales y cauces artificiales y obras de mitigación los cuales alteran el drenaje en el área urbana. Para efectos de esta investigación, se estima la amenaza en términos de baja, media y alta.

### **3.1.2.3. Deslizamientos**

La predicción de esta amenaza utiliza la metodología reconocida de Moran – Vahrson, esta compleja modelación utiliza una combinación de datos sobre la litología, humedad del suelo, pendiente y pronóstico de tiempo, en este caso la precipitación acumulada que CATHALAC genera diariamente a través del modelo mesoscale PSUN/NCAR. Se estima esta amenaza en término de baja, media y alta.

### **3.1.3. Componentes de vulnerabilidad**

En lo relativo a los componentes de vulnerabilidad, derivado del análisis del Plan Nacional de Desarrollo: K'atun Nuestra Guatemala 2032, el Plan de Acción Nacional de Cambio climático y la Ley Marco de Cambio Climático se concuerda desarrollar el territorio de forma sostenible y se hace necesario

adecuar la planificación y la adopción de medidas los considerando los componentes social, ambiental y económico.

### **3.1.4. Temas de adaptación**

Estos temas se han priorizado luego de un ejercicio de homogeneización de temas de adaptación definidos en la Ley Marco de Cambio Climático, el Plan de Acción Nacional de Cambio Climático y los lineamientos generales del PDM-OT.

**Tabla IV. Temas de adaptación definidos por el marco jurídico-político**

<b>LMCC y (PANCC)</b>	<b>Salud humana</b> <b>Zonas marino – costeras</b> <b>Agricultura / seguridad alimentaria</b> <b>Recursos forestales</b> <b>Ecosistemas / Áreas protegidas</b> <b>Infraestructura / urbanización</b> <b>Gestión de recursos hídricos</b>
<b>PDM-OT</b>	Población Servicios públicos Infraestructura Medios de vida Servicios ecosistémicos
<b>Temas definidos</b>	Agricultura Ganadería Infraestructura vial Infraestructura pública Recursos forestales Población Gestión de recursos hídricos

Fuente: elaboración propia, con datos obtenidos de la Ley Marco de Cambio Climático, (2021).

*Plan de Acción Nacional de Cambio Climático y lineamientos generales del PDM-OT.*

### **3.1.5. Índice de vulnerabilidad**

Para el establecimiento del índice de vulnerabilidad al cambio climático es necesario comprender la combinación del riesgo de exposición, los cambios en el clima y fenómenos extremos (amenazas naturales derivados del cambio del clima: inundaciones, deslizamientos y sequía) con la actual sensibilidad humana a esa exposición, y la capacidad de un territorio para adaptarse a los posibles cambios de clima.

Los subíndices utilizados son:

Sensibilidad

Exposición y;

Capacidad de adaptación

A continuación, se establecen las fórmulas utilizadas para obtener el Índice de Vulnerabilidad al Cambio Climático definiendo los subíndices de vulnerabilidad:

$$IVCC = E_{ant} + S_{ant} - CA_{ant}$$

Donde:

E: exposición, S: sensibilidad y CA: capacidad adaptativa

a: amenaza (inundación, deslizamiento o sequía)

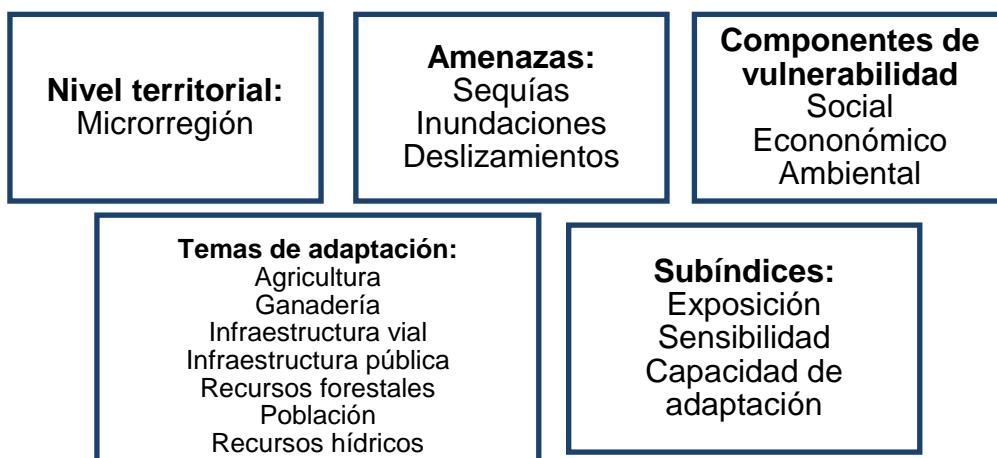
n: nivel territorial (Microrregión)

t: tema de vulnerabilidad y adaptación (social, económico y ambiental)

### **3.1.6. Modelo conceptual del IVCCCL**

Los componentes del modelo conceptual para determinar el índice de vulnerabilidad al cambio climático local quedan definidos de la siguiente manera:

**Figura 6. Componentes del modelo conceptual del IVCCCL**



Fuente: elaboración propia, usando datos de Planimucc (2021).

## **3.2. Determinación del índice de vulnerabilidad al cambio climático local del municipio de Salamá, Baja Verapaz**

La determinación del índice de vulnerabilidad al cambio climático está compuesta por subíndices, indicadores y variables que se constituyen en elementos tangibles de la vulnerabilidad climática y su característica principal es que son medibles y calculables y representa datos espaciales del territorio.

### 3.2.1. Selección de variables (información base)

Las variables seleccionadas para la construcción de los indicadores están en función del modelo conceptual anteriormente establecido y se agrupan por componentes.

El ejercicio de la selección y determinación de 3 amenazas y 7 variables definidas agrupadas por los componentes del modelo conceptual ha sido derivado de la revisión y análisis de la literatura, conceptos y definiciones de los componentes de vulnerabilidad al cambio climático.

**Tabla V. Variables y amenazas seleccionadas para la construcción de indicadores de vulnerabilidad**

No	Nombre de la variable	Sub-índice	Tema de adaptación	Componente de vulnerabilidad	Territorialidad
1	límite municipal	NA	NA	NA	Microrregión
2	Área total microrregiones	NA	NA	NA	Microrregión
3	Área de Cultivo anuales	NA	Seguridad alimentaria	social	Microrregión
4	Áreas de uso agrícola	NA	Agricultura	ambiental	Microrregión
5	carreteras totales	NA	Infraestructura vial	Económico	Microrregión
6	Infraestructura pública (Escuelas)	NA	Infraestructura pública	Económico	Microrregión
7	Lugares poblados	NA	NA	NA	Microrregión
Amenazas					
1	Zonas de amenaza por deslizamiento	Exposición	NA	NA	Microrregión
2	zonas de amenaza por inundación	Exposición	NA	ambiental	Microrregión
3	zonas de amenaza por sequías	Exposición	Población	social	Microrregión

Fuente: elaboración propia, basado en el modelo conceptual del Geoportal de Planificación Municipal en función del Cambio Climático de la Cooperación Técnica Alemana, 2018.

De lo anterior, se extraen los datos generados por medio del proceso SIG de cada una de las variables a nivel de microrregiones del municipio de Salamá, Baja Verapaz.

### **3.2.1.1. Microrregiones del municipio de Salamá Baja Verapaz**

Como se indica en el siguiente cuadro, la extensión territorial del municipio de Salamá del departamento de Baja Verapaz es de 764 km<sup>2</sup>, teniendo mayor área la microrregión noreste con 229 km<sup>2</sup>, y la menor, el área urbana con 11 km<sup>2</sup>.

**Tabla VI. Áreas totales por microrregión del municipio de Salamá, Baja Verapaz**

Municipio	Código Microrregión	Microrregión	Área km <sup>2</sup>
Salamá	1	NORTE	174
Salamá	2	NOR - ESTE	229
Salamá	3	URBANA	11
Salamá	4	CENTRAL	78
Salamá	5	SUR	188
Salamá	6	SUR - ESTE	84
Total área			<b>764</b>

Fuente: elaboración propia, por medio de proceso SIG, con datos de la Dirección de Desarrollo Territorial de la Municipalidad de Salamá.

### **3.2.1.2. Cultivos anuales (cultivos de subsistencia)**

Los cultivos anuales o de subsistencia, representan un área total de 64.10 km<sup>2</sup>, distribuido principalmente la mayor área en la microrregión sur y sur – este con una porción de 34.01 y 16.66 km<sup>2</sup>, no obstante, la microrregión noreste y urbana poseen el 1.33 km<sup>2</sup> y 2.23 km<sup>2</sup> respectivamente.

Tabla VII. Áreas de cultivos anuales (subsistencia) por microrregión

Microrregión	Código	Tipo de cultivo (variable)	Área km2
Microrregión			
<b>NORTE</b>	1	Granos básicos (maíz y frijol)	5.67
<b>NOR - ESTE</b>	2	Granos básicos (maíz y frijol)	1.33
<b>URBANA</b>	3	Granos básicos (maíz y frijol)	2.23
<b>CENTRAL</b>	4	Granos básicos (maíz y frijol)	4.19
<b>SUR</b>	5	Granos básicos (maíz y frijol)	34.01
<b>SUR - ESTE</b>	6	Granos básicos (maíz y frijol)	16.66
<b>Total área</b>			<b>64.10</b>

Fuente: elaboración propia, con datos del MAGA (2021).

### 3.2.1.3. Uso agrícola

El área total de la variable agrícola del municipio de Salamá tiene una extensión de 116. 01 km2, donde las microrregiones norte y noreste, poseen la mayor cantidad de área de 21.13 km2 y 20.10 km2 respectivamente, y la menor se le atribuye a la microrregión urbana con 4.08 km2.

Tabla VIII. Áreas de uso agrícola por microrregión

Microrregión	Código	Microrregión	Variable	Área km2
<b>NORTE</b>	1		Agrícola	21.13
<b>NOR - ESTE</b>	2		Agrícola	20.10
<b>URBANA</b>	3		Agrícola	4.08
<b>CENTRAL</b>	4		Agrícola	19.04
<b>SUR</b>	5		Agrícola	35
<b>SUR - ESTE</b>	6		Agrícola	16.66
<b>Total área</b>				<b>116.01</b>

Fuente: elaboración propia, con datos del MAGA.

### **3.2.1.4. Carreteras totales**

La red de carreteras del municipio tiene una longitud total de 1,168 kilómetros, y derivado de ello, la microrregión norte posee la mayor longitud con 292.49 kilómetros y la red de carreteras correspondientes a la microrregión urbana posee 89.26 kilómetros, siendo la menor.

**Tabla IX. Longitud total de carreteras por microrregión**

<b>Microrregión</b>	<b>Código Microrregión</b>	<b>Variable</b>	<b>Longitud km</b>
<b>NORTE</b>	1	Carreteras	292.49
<b>NOR - ESTE</b>	2	Carreteras	218.19
<b>URBANA</b>	3	Carreteras	89.26
<b>CENTRAL</b>	4	Carreteras	158.67
<b>SUR</b>	5	Carreteras	266.52
<b>SUR - ESTE</b>	6	Carreteras	142.87
<b>Total longitud</b>			<b>1168</b>

Fuente: elaboración propia, por medio de proceso SIG.

### **3.2.1.5. Infraestructura pública (escuelas)**

Del total de 152 escuelas del municipio, la microrregión sur posee 47 establecimientos siendo la mayor con relación a las demás, mientras que las microrregiones norte, urbana, central y sureste posee 21, 26, 21 y 26 respectivamente, quedando en similares cantidades de escuelas y, la región noreste constituye únicamente 11, siendo la de menor cantidad.

Tabla X. Número de escuelas públicas por microrregión

Microrregión	Código	Microrregión	Variable	Cantidad de escuelas
<b>NORTE</b>	1		Escuelas	21
<b>NOR - ESTE</b>	2		Escuelas	11
<b>URBANA</b>	3		Escuelas	26
<b>CENTRAL</b>	4		Escuelas	21
<b>SUR</b>	5		Escuelas	47
<b>SUR - ESTE</b>	6		Escuelas	26
<b>Total escuelas</b>				152

Fuente: elaboración propia, por medio de proceso SIG.

### 3.2.1.6. Lugares poblados

De los 178 lugares poblados registrados por la Municipalidad de Salamá, la mayoría se concentra en las microrregiones sur y sureste, 52 y 37 respectivamente. La menor cantidad de lugares poblados se ubican al norte del municipio, con 12 y 21 en las microrregiones norte y noreste respectivamente.

Tabla XI. Número de lugares poblados por microrregión

Microrregión	Código	Variable	Cantidad de lugares
		Microrregión	poblados
<b>NORTE</b>	1	Poblados	21
<b>NOR - ESTE</b>	2	Poblados	12
<b>URBANA</b>	3	Poblados	33
<b>CENTRAL</b>	4	Poblados	23
<b>SUR</b>	5	Poblados	52
<b>SUR - ESTE</b>	6	Poblados	37
<b>Total poblados</b>			178

Fuente: elaboración propia, con datos de la Dirección de Desarrollo Territorial de la Municipalidad de Salamá.

### 3.2.2. Determinación de indicadores de cambio climático

Los indicadores de cambio climático han sido calculados por medio del cruce de las variables antes determinadas y se detallan a continuación.

**Tabla XII. Indicadores de cambio climático y su marco conceptual**

No	Nombre índicador	Subíndice	Tema	Amenaza	Componente	nivel	Fuente
1	Área del municipio considerada como corredor seco	Sensibilidad	General	Sequías	económico		
2	Incidencia de Diarreas en niños menores de 5 años	Sensibilidad	Salud Humana	General	social	Microrregión	Fase 1.3 PDM-OT
3	Incidencia de IRA (Neumonías) en niños menores de 5 años	Sensibilidad	Salud Humana	General	social	Microrregión	Fase 1.3 PDM-OT
4	Población en condiciones de pobreza general por municipio	Sensibilidad	General	General	económica	Microrregión	
5	Área del municipio con sobre uso de la tierra	Sensibilidad	Agricultura	General	ambiental	Microrregión	
6	Desigualdad (índice de Theil) por municipio	Sensibilidad	General	General	Económico	Microrregión	
7	Áreas agrícolas en zonas de deslizamiento	Exposición	Agricultura	deslizamientos	ambiental	Microrregión	MAGA

**Continuación tabla XII.**

<b>8</b>	Áreas agrícolas en zonas de inundación	Exposición	Agricultura	Inundaciones	ambiental	Microrregión	MAGA
<b>9</b>	Áreas agrícolas en zonas de sequía	Exposición	Agricultura	Sequías	ambiental	Microrregión	MAGA
<b>10</b>	Carreteras en zonas de deslizamiento	Exposición	Infraestructura vial	deslizamientos	Económico	Microrregión	PANCC
<b>11</b>	Carreteras en zonas de inundación	Exposición	Infraestructura vial	Inundaciones	Económico	Microrregión	PANCC
<b>12</b>	Infraestructura pública (escuelas) en zonas de deslizamiento	Exposición	Infraestructura pública	deslizamientos	Económico	Microrregión	PANCC
<b>13</b>	Infraestructura pública (escuelas) en zonas de inundación	Exposición	Infraestructura pública	Inundaciones	Económico	Microrregión	PANCC
<b>14</b>	Áreas agrícolas de cultivos de subsistencia en zonas de deslizamiento	Exposición	Seguridad alimentaria	deslizamientos	social	Microrregión	MAGA
<b>15</b>	Áreas agrícolas de cultivos de subsistencia en zonas de inundación	Exposición	Seguridad alimentaria	Inundaciones	social	Microrregión	MAGA
<b>16</b>	Áreas agrícolas de cultivos de subsistencia	Exposición	Seguridad alimentaria	Sequías	social	Microrregión	MAGA

Continuación tabla XII.

en zonas de sequía						
<b>17</b>	Lugares poblados expuestos a zonas de sequías	Exposición	Seguridad alimentaria	Sequías	social	Microrregión
<b>18</b>	Lugares poblados ubicados en zonas de deslizamiento	Exposición	Población	deslizamientos	social	Microrregión
<b>19</b>	Lugares poblados ubicados en zonas de inundación	Exposición	Población	Inundaciones	social	Microrregión
<b>20</b>	Áreas con uso potencial forestal cubiertas con bosque	Capacidad de adaptación	Recursos forestales	Deslizamiento	ambiental	Microrregión
<b>21</b>	Área cubierta por bosques de galería	Capacidad de adaptación	Recursos forestales	Inundación	ambiental	Microrregión
<b>22</b>	Índice de servicios públicos por municipio	Capacidad de adaptación	Salud Humana	General	social	Microrregión Fase 1.3 PDM-OT

Fuente: elaboración propia.

Derivado del cuadro anterior, donde se establecen los indicadores que han sido construidos por medio de procedimientos SIG, se ha recopilado información relevante del municipio en relación con el eje transversal de cambio climático y gestión de riesgo. A continuación, se detallan las variables antes descritas con el cruce de las amenazas definidas y otros indicadores que permiten construir los subíndices de la vulnerabilidad.

### **3.2.2.1. Agricultura con amenazas de deslizamiento, inundación y sequía**

Lo que se muestra en el cuadro siguiente son las áreas de agricultura por microrregión que son susceptibles a las amenazas de deslizamiento, inundación y sequía.

En el caso de las áreas agrícolas en zonas de deslizamiento, estas acumulan un área total de 18.25 km<sup>2</sup>, siendo las microrregiones sur y noreste, con 7.40 km<sup>2</sup> y 3.92 km<sup>2</sup> respectivamente, son las que representan una extensión mayor respecto a las restantes microrregiones.

Por otro lado, en relación con las áreas agrícolas en zonas de inundación, se estima un área de 7.45 km<sup>2</sup>, donde las microrregiones norte y central son las más afectadas con 3.31 km<sup>2</sup> y 2.36 km<sup>2</sup> en contraste con las microrregiones sur y sur – este, con 0.03 y 0.06 km<sup>2</sup> respectivamente.

Las áreas agrícolas susceptibles a sequía son las que se encuentran principalmente en el área del corredor seco, mismo que abarca una extensión de 302 km<sup>2</sup> respecto a 764 km<sup>2</sup> del total del municipio. Las principales microrregiones afectadas con áreas agrícolas en el corredor seco son las del sur y sureste con 34.99 km<sup>2</sup> y 12.79 km<sup>2</sup>.

**Tabla XIII. Área de agricultura en zonas de deslizamiento, inundación y sequía**

Nombre microrregión	Variable	Área Deslizamiento km2	Área Inundación km2	Área Sequía km2
<b>NORTE</b>	Agricultura	2.57	3.31	0
<b>NOR - ESTE</b>	Agricultura	3.92	0.88	0
<b>URBANA</b>	Agricultura	0.01	0.79	0
<b>CENTRAL</b>	Agricultura	1.39	2.36	5.83
<b>SUR</b>	Agricultura	7.40	0.03	34.99
<b>SUR - ESTE</b>	Agricultura	2.95	0.06	12.79
<b>Total áreas</b>		18.25	7.45	53.62

Fuente: elaboración propia, por medio de proceso SIG, con datos de la DDT de Municipalidad de Salamá.

### **3.2.2.2. Agricultura de subsistencia en zonas de deslizamiento, inundación y sequía**

Como ya se dijo anteriormente, el municipio posee una extensión territorial de 764 km<sup>2</sup>, y en relación con el área de agricultura de subsistencia con las amenazas en estudio, aproximadamente 50.86 km<sup>2</sup> son afectadas por la sequía ya que se encuentran ubicadas en el corredor seco, 14.32 km<sup>2</sup> de área son afectadas por la amenaza de deslizamiento mientras que únicamente 0.43 km<sup>2</sup> son susceptibles a inundación.

Las microrregiones mayormente afectadas por las amenazas en mención son las central, sur y sureste. A continuación, se detallan las áreas de agricultura de subsistencia susceptibles por microrregión.

**Tabla XIV. Área de agricultura de subsistencia en zonas de deslizamiento, inundación y sequía**

Nombre microrregión	Variable	Área	Área	Área
		Deslizamiento km2	Inundación km2	Sequía km2
<b>NORTE</b>	Agricultura de subsistencia	2.31	0.14	0
<b>NOR - ESTE</b>	Agricultura de subsistencia	0.55	0.18	0
<b>URBANA</b>	Agricultura de subsistencia	0.01	0	0
<b>CENTRAL</b>	Agricultura de subsistencia	1.34	0	4.05
<b>SUR</b>	Agricultura de subsistencia	7.14	0.03	34.01
<b>SUR - ESTE</b>	Agricultura de subsistencia	2.95	0.06	12.79
<b>Total áreas</b>		14.32	0.43	50.86

Fuente: elaboración propia, por medio de proceso SIG, con datos de la IDE/PLANIMUCC y SEGEPLAN, (2021).

### **3.2.2.3. Carreteras en zonas de deslizamiento e inundación**

La red de carreteras en el municipio de Salamá comprende una longitud total de 1,167 kilómetros, de los cuales 280.71 kilómetros se encuentran susceptibles a la amenaza de deslizamiento, viéndose afectadas las microrregiones norte, noreste y sur principalmente.

En el caso de la red de carreteras con amenaza a inundación se suma un total de 50.84 kilómetros, afectando principalmente a las microrregiones de norte,

noreste, urbana y central con 15.06 km, 11.02 km, 12.18 km y 11.57 kms respectivamente; no obstante, las microrregiones del sur del municipio representan un peligro mínimo ya que no suman ni un kilómetro de amenaza.

**Tabla XV. Longitud de carreteras en zonas de deslizamiento e inundación**

Nombre microrregión	Variable	Longitud por microrregión km	Longitud Deslizamiento km	Longitud Inundación km
<b>NORTE</b>	Carreteras	292.49	96.28	15.06
<b>NOR - ESTE</b>	Carreteras	218.19	51.82	11.02
<b>URBANA</b>	Carreteras	89.26	1.07	12.18
<b>CENTRAL</b>	Carreteras	158.67	27.21	11.57
<b>SUR</b>	Carreteras	266.52	75.52	0.98
<b>SUR - ESTE</b>	Carreteras	142.87	28.84	0
<b>Total longitud</b>		1168	280.71	50.84

Fuente: elaboración propia, por medio de proceso SIG, con datos de la IDE/PLANIMUCC y SEGEPLAN, (2021).

### **3.2.2.4. Lugares poblados en zonas de deslizamiento, inundación y sequía**

Según datos de la Dirección de Desarrollo Territorial de la Municipalidad de Salamá, al año 2021 poseen 178 lugares poblados, de los cuales 90 se encuentran en las microrregiones central, sur y sureste que son afectados directamente por la sequía.

Por otro lado 27 y 24 lugares poblados se ubican en zonas potenciales a deslizamiento e inundación respectivamente.

**Tabla XVI. Poblados ubicados en zonas de deslizamiento, inundación y sequía**

Nombre microrregión	Variable	Cantidad de lugar poblado por microrregión	Cantidad de lugares poblados Deslizamiento	Cantidad de lugares poblados Inundación	Cantidad de lugares poblados Sequía
<b>NORTE</b>	Lugar poblado	21	7	8	0
<b>NOR - ESTE</b>	Lugar poblado	12	5	1	0
<b>URBANA</b>	Lugar poblado	33	0	7	0
<b>CENTRAL</b>	Lugar poblado	23	2	5	9
<b>SUR</b>	Lugar poblado	52	8	1	50
<b>SUR - ESTE</b>	Lugar poblado	37	5	2	31
<b>Total</b>		178	27	24	90

Fuente: elaboración propia, por medio de proceso SIG, con datos de la Dirección de Desarrollo Territorial de la Municipalidad de Salamá.

### **3.2.2.5. Infraestructura pública (escuelas) en zonas de deslizamiento e inundación**

En relación con la infraestructura pública (escuelas), existen 152 distribuidas en todo el municipio, de las cuales 15 se ven susceptibles a deslizamientos, mientras que únicamente 4 están expuestas a inundaciones, encontrándose estas en las microrregiones del norte del municipio.

**Tabla XVII. Escuelas ubicadas en zonas de deslizamiento e inundación**

Nombre microrregión	Variable	Cantidad de escuelas microrregión	Cantidad de escuelas Deslizamiento	Cantidad de escuelas Inundación
<b>NORTE</b>	Escuelas	21	1	3
<b>NORESTE</b>	Escuelas	11	2	1
<b>URBANA</b>	Escuelas	26	0	0
<b>CENTRAL</b>	Escuelas	21	0	0
<b>SUR</b>	Escuelas	47	4	0
<b>SUR - ESTE</b>	Escuelas	26	8	0
<b>Total</b>		<b>152</b>	<b>15</b>	<b>4</b>

Fuente: elaboración propia.

### **3.2.2.6. Potencial forestal cubierta con bosque**

Según datos oficiales del INAB, el municipio de Salamá posee una cobertura forestal total de 238 km<sup>2</sup>, de los cuales 96.87 km<sup>2</sup> corresponden al área potencial forestal con cubierta de bosque, esto dado principalmente en la microrregión noreste y norte con 60.38 km<sup>2</sup> y 23.50 km<sup>2</sup> respectivamente.

**Tabla XVIII. Área con potencial forestal cubierta con bosque**

<b>Nombre microrregión</b>	<b>Indicador</b>	<b>Área total de cobertura forestal km<sup>2</sup></b>	<b>Área potencial forestal con bosque</b>
<b>NORTE</b>	Potencial forestal	31.33	23.50
<b>NORESTE</b>	Potencial forestal	162.90	60.38
<b>URBANA</b>	Potencial forestal	0.07	0
<b>CENTRAL</b>	Potencial forestal	20.24	4.57
<b>SUR</b>	Potencial forestal	18.57	7.47
<b>SURESTE</b>	Potencial forestal	5.02	0.93
<b>Total</b>		238.10	96.87

Fuente: elaboración propia, por medio de proceso SIG, con datos de la IDE/PLANIMUCC de SEGEPLAN.

### **3.2.2.7. Bosques de galería**

Los bosques de galería se caracterizan por su vegetación diversa y por su papel importante en la protección y conservación de los recursos hídricos.

En Salamá la cobertura total de bosques de galería es de 2.21 km<sup>2</sup>, 1.18 km<sup>2</sup> se ubican en la microrregión norte.

**Tabla XIX. Área con cubierta de bosque de galería**

Nombre microrregión	Indicador	Áreas litorales de ríos km <sup>2</sup>	Área km <sup>2</sup>
<b>NORTE</b>	Bosque de galería	30.67	0.42
<b>NOR - ESTE</b>	Bosque de galería	23.28	1.18
<b>URBANA</b>	Bosque de galería	0.72	0
<b>CENTRAL</b>	Bosque de galería	26.46	0.22
<b>SUR</b>	Bosque de galería	10.58	0.29
<b>SUR - ESTE</b>	Bosque de galería	11.04	0.08
<b>Total área</b>		102.78	2.21

Fuente: elaboración propia, por medio de proceso SIG, con datos de la IDE/PLANIMUCC de SEGEPLAN.

### **3.2.2.8. Sobreuso de la tierra**

El sobreuso de la tierra en el municipio de Salamá ocupa 231.95 km<sup>2</sup>, de los cuales 150.98 km<sup>2</sup> corresponden a la microrregión sur.

Únicamente 0.09 km<sup>2</sup> de sobreuso de la tierra se da en el área urbana de dicho municipio tal como se observa en la siguiente tabla:

**Tabla XX. Área con sobreuso de la tierra**

Nombre microrregión	Indicador	Área total municipal km <sup>2</sup>	Total sobre uso de la tierra km <sup>2</sup>
<b>NORTE</b>	Sobre uso de la tierra	174	15.65
<b>NOR - ESTE</b>	Sobre uso de la tierra	229	25.92
<b>URBANA</b>	Sobre uso de la tierra	11	0.09
<b>CENTRAL</b>	Sobre uso de la tierra	78	19.61
<b>SUR</b>	Sobre uso de la tierra	188	150.98
<b>SUR - ESTE</b>	Sobre uso de la tierra	84	19.66
<b>Total</b>		<b>764</b>	<b>231.95</b>

Fuente: elaboración propia, por medio de proceso SIG, con datos de la IDE/PLANIMUCC de SEGEPLAN.

### **3.2.2.9. Desigualdad índice de Theil**

Es importante destacar que las medidas de desigualdad, como el índice de Theil o el coeficiente de Gini, son herramientas útiles para comprender la magnitud y la distribución de la desigualdad en un país. Sin embargo, es necesario complementar estos datos con un análisis más amplio que considere también aspectos sociales, políticos y culturales para abordar de manera integral la desigualdad en Guatemala y promover un desarrollo más equitativo y sostenible.

**Tabla XXI. Indicadores de sensibilidad**

Nombre microrregión	Índice de Theil	Total Morbilidad diarreas	Total IRA	Morbilidad	Pobreza general	Índice de servicios públicos
<b>NORTE</b>	4.21	157.5	1358	9.03	0.10	
<b>NOR - ESTE</b>	4.21	157.5	1358	9.03	0.10	
<b>URBANA</b>	4.21	157.5	1358	9.03	0.10	
<b>CENTRAL</b>	4.21	157.5	1358	9.03	0.10	
<b>SUR</b>	4.21	157.5	1358	9.03	0.10	
<b>SUR - ESTE</b>	4.21	157.5	1358	9.03	0.10	
<b>Total</b>	<b>25.26</b>	<b>945</b>	<b>8148</b>	<b>54.20</b>	<b>0.65</b>	

Fuente: elaboración propia, por medio de proceso SIG, con datos de la IDE.

### **3.2.3. Determinación de los subíndices de vulnerabilidad**

Estos subíndices se utilizan en conjunto para evaluar la vulnerabilidad al cambio climático y proporcionar información para la toma de decisiones y la planificación de estrategias de adaptación. Es importante tener en cuenta que los subíndices pueden variar según los métodos y enfoques utilizados en cada estudio o evaluación específica de vulnerabilidad al cambio climático.

### 3.2.3.1. Subíndice de sensibilidad

Derivado de los indicadores calculados, se obtienen los datos que permiten identificar las microrregiones a nivel de sensibilidad. Las microrregiones sur, sureste y central son las que presentan una mayor sensibilidad, con promedios de 0.531, 0.410 y 0.366 respectivamente. No obstante, las microrregiones urbana, sur y sureste obtienen un promedio bajo sensibilidad con 0.231, 0.248 y 0.245 respectivamente.

**Tabla XXII. Cálculo del subíndice de sensibilidad**

Microrregión	Total sobre uso de tierra	Resultado Diarreas	Resultado Neumonías	Total pobreza general	Total Índice de Theil	Total área corredor seco	Subíndice de sensibilidad
NORTE	0.09	0.13	1.12	0.09	0.04	0.0	<b>0.24</b>
NOR – ESTE	0.11	0.13	1.12	0.09	0.04	0.02	<b>0.25</b>
URBANA	0.01	0.13	1.12	0.09	0.04	0.00	<b>0.23</b>
CENTRAL	0.25	0.13	1.12	0.09	0.04	0.56	<b>0.36</b>
SUR	0.80	0.13	1.12	0.09	0.04	1.0	<b>0.53</b>
SUR - ESTE	0.23	0.13	1.12	0.09	0.04	0.84	<b>0.41</b>

Fuente: elaboración propia, por medio de proceso SIG, con datos de la IDE/PLANIMUCC de SEGEPLAN.

### 3.2.3.2. Subíndice de capacidad de adaptación

En relación con el subíndice de capacidad de adaptación, las microrregiones norte, noreste y sur son las que poseen un mayor promedio de capacidad de adaptación; los datos que indican lo anterior constituyen 0.258, 0.144 y 0.147 respectivamente. Como consecuencia de esto, las microrregiones con una baja capacidad de adaptación son la urbana y sureste con 0.004 y 0.06 respecto a las demás.

Tabla XXIII. Cálculo del subíndice de capacidad de adaptación

Nombre microrregión	Resultado área bosque galería	Resultado uso potencial forestal	Total índice de servicios públicos	Subíndice Capacidad de adaptación
<b>NORTE</b>	0.014	0.750	0.011	<b>0.26</b>
<b>NORESTE</b>	0.051	0.371	0.011	0.14
<b>URBANA</b>	0.000	0.000	0.011	0.01
<b>CENTRAL</b>	0.009	0.226	0.011	0.08
<b>SUR</b>	0.028	0.403	0.011	0.14
<b>SURESTE</b>	0.008	0.186	0.011	0.06

Fuente: elaboración propia, por medio de proceso SIG, con datos de la IDE/PLANIMUCC de SEGEPLAN.

### 3.2.3.3. Subíndice de exposición

Según el modelo conceptual del Índice de Vulnerabilidad al Cambio Climático, se han agrupado los resultados promediados de los diferentes indicadores correspondientes al subíndice de exposición.

Con un promedio de 0.30 y 0.26, las microrregiones sur y sureste respectivamente son las que poseen el grado más alto de exposición a los fenómenos climáticos que producen deslizamientos, inundaciones y sequías. Por otro lado, la microrregión urbana posee un promedio de 0.04 lo que nos indica un nivel de exposición muy bajo.

### 3.2.4. Determinación del índice de vulnerabilidad al cambio climático local

El producto final del análisis de variables e indicadores es la determinación del índice de vulnerabilidad al cambio climático, donde los valores obtenidos indican el grado de vulnerabilidad al cual está sometido el territorio. Las

microrregiones sur y sureste son las que poseen un índice muy alto, con valores de 0.686 y 0.606 respectivamente.

Por otro lado, la microrregión norte es la que posee un promedio muy bajo de vulnerabilidad, con valores de 0.140; las microrregiones noreste y urbana se ubican con vulnerabilidad baja a media, 0.247 y 0.247 respectivamente.

**Tabla XXIV. Cálculo de índice de vulnerabilidad al cambio climático local para el municipio de Salamá**

Nombre microrregión	EXPOSICIÓN	SENSIBILIDAD	CAPACIDAD DE ADAPTACIÓN	ÍNDICE DE VULNERABILIDAD AL CAMBIO CLIMÁTICO
<b>NORTE</b>	0.15	0.24	0.26	<b>0.14</b>
<b>NOR - ESTE</b>	0.14	0.25	0.14	<b>0.24</b>
<b>URBANA</b>	0.43	0.23	0.01	<b>0.27</b>
<b>CENTRAL</b>	0.21	0.36	0.08	<b>0.49</b>
<b>SUR</b>	0.30	0.53	0.14	<b>0.68</b>
<b>SUR - ESTE</b>	0.26	0.41	0.06	<b>0.60</b>

Fuente: elaboración propia, por medio de proceso SIG, con datos de la IDE/PLANIMUCC de SEGEPLAN.

### **3.3. Resumen del análisis de amenazas y vulnerabilidades del proceso PDM-OT del municipio de Salamá, Baja Verapaz**

El proceso de construcción del Plan de Desarrollo Municipal y Ordenamiento Territorial en el municipio de Salamá del departamento de Baja Verapaz fue finalizado el 03 de diciembre de 2018 y puesto en acta de aprobación por el Concejo Municipal de dicha localidad. Con dicha aprobación quedó establecido el análisis de amenazas y vulnerabilidades, mismos que fueron articulados en la matriz establecida por la SEGEPLAN para tal efecto.

A continuación, se detallan los datos provenientes de la matriz antes mencionada, que proporcionan los insumos para el análisis del documento del PDM-OT y servirán para realizar las comparaciones respectivas con el producto del índice de vulnerabilidad al cambio climático local.

### **3.3.1. Amenazas y vulnerabilidades: inundaciones**

En lo concerniente al análisis de la amenaza inundación, la guía PDM-OT lo define como inundaciones / crecidas de ríos y dentro del ejercicio de ubicación del área expuesta a la amenaza, únicamente se identificaron 7 lugares poblados dentro de la microrregión urbana, y 18 lugares poblados sin definir a qué microrregión pertenecen.

La metodología para analizar las amenazas y vulnerabilidades provista en la guía PDM-OT se considera una herramienta de carácter cualitativa, ya que los resultados están en función de la percepción histórica de la mesa técnica PDM-OT, pero principalmente de las vivencias de la población en cada microrregión del municipio. No se analizan datos técnicos de estaciones meteorológicas ni otra información relevante que sustente las bases del comportamiento de la lluvia en el territorio.

Además, la matriz obtenida demuestra datos sobre la vulnerabilidad de la infraestructura e indica de manera general que derivado de las inundaciones y crecidas de ríos existen destrucción de puentes, daños en viviendas, caída de paredones y destrucción de carreteras; también analiza la vulnerabilidad de medios de vida y servicios ecosistémicos y agregan que existen pérdidas agropecuarias y de ecosistemas naturales, daño de cultivos de subsistencia y daño en las recientes construcciones de canales sin especificar precisamente los nombres de los lugares poblados y la cuantificación de los daños y pérdidas.

### **3.3.2. Amenazas y vulnerabilidades: deslizamientos**

La matriz de amenazas y vulnerabilidades que analiza a los deslizamientos o derrumbes indica que estos son recurrentes por lo menos una vez al año y que afecta 18 lugares poblados sin mencionar a qué microrregión pertenecen, por otro lado, en relación al análisis de vulnerabilidades por exposición a la amenaza refleja que los daños en la infraestructura son principalmente a viviendas, carreteras, edificios escolares y en la anegación de tragantes, esto sin mencionar dónde afecta, ni en qué magnitud.

En lo concerniente a la vulnerabilidad de medios de vida y servicios ecosistémicos únicamente hace mención en la pérdida de cultivos y pérdida en la economía del municipio, nuevamente sin especificar las microrregiones y la magnitud del daño.

### **3.3.3. Amenazas y vulnerabilidades: sequías**

En el caso de la sequía en el municipio, la matriz indica que son 96 lugares poblados los que se encuentran expuestos a dicha amenaza y que afecta a la seguridad alimentaria del municipio, esto dado por las pérdidas agropecuarias, de los ecosistemas naturales, disminución de la oferta hídrica, entre otros.



## **4. DISCUSIÓN DE RESULTADOS**

Los resultados presentados en el anterior capítulo han sido obtenidos con base en los objetivos planteados y la metodología establecida, que busca generar insumos para coadyuvar en el análisis de amenazas y vulnerabilidades del proceso PDM-OT en el municipio de Salamá, Baja Verapaz.

### **4.1. Discusión de los componentes del modelo conceptual de cambio climático**

La identificación y determinación de los 5 componentes del modelo conceptual de cambio climático son las piezas claves que sustentan el análisis de vulnerabilidad al cambio climático a nivel local para el municipio de Salamá, Baja Verapaz.

El primer componente define el nivel territorial y contempla el análisis de toda la información desde la escala local, es decir, a nivel de microrregión, lo que permite contemplar las dinámicas sectorizadas del municipio, considerando el principio de establecimiento de centralidades y agrupación de lugares poblados para la mejor compresión de los datos, tanto cualitativos, como cuantitativos.

El componente de amenazas es indispensable para la determinación del IVCCL, ya que las amenazas de deslizamientos, inundaciones y sequías son las que, según el marco legal y teórico, configuran el modelo situacional del clima y sus efectos adversos para el país, pero, principalmente, para el municipio de Salamá. Más adelante se discutirá el área que cada una de estas amenazas perjudica seriamente al municipio, y por ende a cada variable presente en él.

Por otro lado, los componentes de vulnerabilidad definidos: social, ambiental y económico; permiten agrupar la información territorial para que este sea analizado desde sus diferentes dimensiones, lo que contribuye a establecer los parámetros y métricas necesarias para comprender el tejido urbano y rural y sus diferentes dinámicas.

En lo concerniente al componente de temas de adaptación, es muy necesario y relevante abordar las líneas de acciones que establecen las normativas y las diferentes políticas de gobierno vinculadas a la gestión de riesgo y cambio climático.

Los temas de adaptación más importantes, y que permiten poner en perspectiva al territorio, son: agricultura, infraestructura vial y pública; recursos forestales, gestión de recurso hídrico, y desde luego, la población instituida en cada microrregión.

Comprender estos temas y vincularlos al análisis de vulnerabilidad establece una visión panorámica del municipio y permite definir acciones que propicien la reducción del riesgo y aumenten la adaptación al cambio climático.

El último componente del modelo conceptual define los subíndices que agrupan a los indicadores de vulnerabilidad, que, a su vez, definen las métricas para determinar el IVCCCL. La sensibilidad, exposición y capacidad adaptación, armonizan todos los elementos del modelo conceptual que por medio de la fórmula:  $IVCC = Eant + Sant - CAant$  generan el índice de vulnerabilidad al cambio climático a escala local.

## **4.2. Determinación del índice de vulnerabilidad al cambio climático local del municipio de Salamá, Baja Verapaz**

El Índice de vulnerabilidad al cambio climático es una herramienta que se utiliza para evaluar y medir la susceptibilidad en el municipio de Salamá, Baja Verapaz a los efectos del cambio climático. Proporciona una medida cuantitativa de la vulnerabilidad de un lugar en términos de su capacidad para adaptarse y enfrentar los impactos del cambio climático.

### **4.2.1. Detalle de variables o información básica**

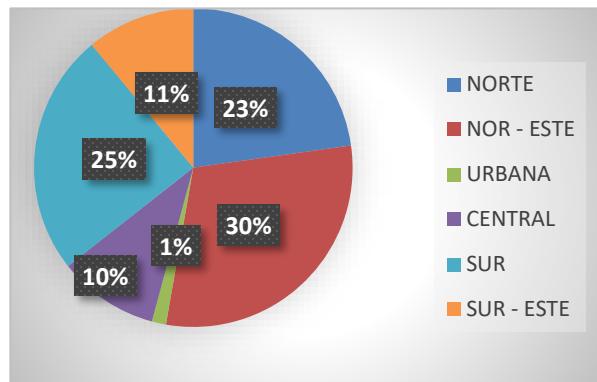
Como se dijo antes, para el ejercicio de esta investigación se determinó, clasificó y seleccionaron 7 variables, que, cruzadas con las 3 amenazas, permitieron obtener información que sustenta técnica y conceptualmente los resultados del IVCCL.

#### **4.2.1.1. Microrregiones del municipio de Salamá, Baja Verapaz**

El municipio de Salamá es un territorio con una extensión de 764 kilómetros cuadrados, de los cuales las microrregiones noreste, sur y norte poseen las mayores extensiones del territorio, 30 %, 25 % y 23 % respectivamente, mientras que el área urbana únicamente posee el 1 % muy por debajo de la microrregión central que posee el 10 %.

Derivado de lo anterior, es imperativo que las microrregiones del norte poseen la mayor extensión territorial del municipio y que, por ende, se propicien mayores actividades, tanto sociales, económicas como servicios ecosistémicos.

**Figura 7. Extensión territorial por microrregión del municipio de Salamá**



Fuente: elaboración propia, con datos proporcionados por la Dirección de Desarrollo Territorial, Municipalidad de Salamá, Baja Verapaz.

#### **4.2.1.2. Lugares poblados**

La mayor concentración y cantidad de lugares poblados en el municipio de Salamá se encuentran en las microrregiones sur y sureste, con 29 % y 21 % respectivamente, reflejando que existe mayor actividad económica y social; no obstante a pesar de contar con una extensión territorial del 1 % del total del municipio, la microrregión urbana posee 33 lugares poblados que equivale al 19 % de los lugares poblados totales, es decir, existen gran cantidad de asentamientos urbanos en dicha microrregión, lo que a su vez, representa el incremento de actividades de todo tipo.

#### **4.2.1.3. Cultivos anuales (frijol y maíz) y agricultura total**

En lo concerniente con los cultivos anuales o de subsistencia en el municipio, se evidencia que la microrregión sur posee la mayor área de cultivos de dicho tipo, con una cobertura de 53 % y le sigue la microrregión sureste con

un área del 26 %, en contraste con 2 % de la región noreste y 3 % de la microrregión urbana.

Por otro lado, en relación con la agricultura general, de igual forma, la microrregión sur domina con el 30 % de cobertura, mientras que la microrregión urbana posee el 4 % de la mancha agrícola total

Lo anterior pone en perspectiva la situación agrícola del municipio, y refleja que, en las microrregiones del sur, las personas realizan mayores actividades agrícolas, y, por otro lado, la tierra sufre mayor estrés por el cambio de uso del suelo y la mayor demanda de recurso hídrico que esta actividad requiere.

Contrariamente a la microrregión urbana, la actividad agrícola como lo reflejan los datos anteriores es menor, y por consecuencia no requiere de mayoras acciones.

#### **4.2.1.4. Carreteras e infraestructura pública**

En lo concerniente a la red de carreteras del municipio de Salamá, según los datos arrojados por el proceso SIG, se establece un total de 1,168 kilómetros de los cuales la mayoría de esta red abarca las microrregiones sur y norte, con 23 % y 25 % respectivamente, lo que hace coherencia con la cantidad de lugares poblados que existen en las mencionadas microrregiones, dando a conocer la importancia de la conectividad y centralidades que representa para el municipio, principalmente por el desarrollo local que se genera.

La infraestructura pública, para fines de esta investigación únicamente toma como base las escuelas públicas, la mayor concentración de estas se

encuentran en las microrregiones sur, sureste y urbano, lo que tiene sentido con la cantidad de lugares poblados.

#### **4.2.2. Indicadores de vulnerabilidad al cambio climático**

Los indicadores de vulnerabilidad al cambio climático proporcionaron datos muy importantes que reflejan la situación del municipio, donde las amenazas derivadas de este dejan expuestas las variables que son poseen un grado de vulnerabilidad y repercute en la dinámica social, económica y ambiental.

Como se indica en el título de resultados, para efectos de esta investigación se definieron y establecieron 22 indicadores, de los cuales 13 corresponden a describir el subíndice de exposición, 6 indicadores al subíndice de sensibilidad y 3 indicadores al subíndice de capacidad de adaptación.

Por consiguiente, los indicadores de vulnerabilidad al cambio climático proveen información para medir la situación de los principales elementos y características del municipio.

##### **4.2.2.1. Áreas agrícolas expuestas a las amenazas de inundación, deslizamiento y sequía**

En lo relacionado con las áreas agrícolas con exposición a las amenazas de inundación, deslizamiento y sequía, estas se ven afectadas en un 9 %, 23 % y 68 % respectivamente. Lo más alarmante es que, la amenaza que mayormente afecta al sector agrícola es la sequía, y justamente concuerda por ubicarse dentro del área del corredor seco que abarca 302 km<sup>2</sup> de los 7642 del área total del municipio.

La agricultura de igual manera se ve afectada por inundaciones que se suscitan por el desborde de los ríos o bien por escorrentías superficiales provenientes de las montañas cercanas; el traslado de sedimentos provocado por deslizamientos también afecta significativamente a la agricultura, y todo esto se traduce en pérdidas millonarias que afectan a las comunidades, las personas en general y frena el desarrollo del municipio.

#### **4.2.2.2. Carreteras en zonas de deslizamiento e inundación**

Las carreteras son un eje fundamental en el municipio, con una red de 1,168 kilómetros que interconecta a los 178 lugares poblados del municipio, se constituye en un indicador que refleja la situación del municipio en contraste con las amenazas priorizadas.

Es alarmante mencionar que, 280.71 kilómetros de la red de carreteras se encuentran expuestas a deslizamientos y 50. 84 kilómetros a sufrir inundación. Lo más preocupante de los datos anteriores es que se ocasiona daño a la infraestructura con el deterioro del recubrimiento de la carretera, perdida parcial o total de tramos carreteros y lo más perjudicial, la incomunicación entre lugares poblados que frena la economía y el desarrollo de las microrregiones del municipio.

#### **4.2.2.3. Lugares poblados con amenaza de deslizamiento, inundación y sequía**

Según los resultados, de los 178 lugares poblados del municipio de Salamá, 90 se encuentran ubicados en zonas de sequía (corredor seco), 27 se encuentran áreas de potencial deslizamiento y 24 en zonas potencial inundación,

lo que indica que, más del 75 % del total de poblados se ven afectados por alguna amenaza, poniendo en riesgo la vida de las personas, la infraestructura, viviendas y su agricultura.

#### **4.2.3. Índice de vulnerabilidad al cambio climático local**

Teniendo en cuenta los resultados generados por cada uno de los indicadores de vulnerabilidad, se han determinado los subíndices que a su vez constituyen el índice de vulnerabilidad al cambio climático. Estos subíndices dan un panorama amplio sobre cómo se encuentra cada una de las microrregiones ante las amenazas de deslizamientos, inundaciones y sequía y su forma de adaptarse ante ellas.

##### **4.2.3.1. Exposición al cambio climático en las microrregiones**

La microrregión sur es la que se encuentra mayormente expuesta ante los efectos del cambio climático con el 27 %, principalmente la mayoría de sus lugares poblados, carreteras, infraestructura pública y agricultura en general. En contraste, la microrregión urbana representa un nivel muy bajo de exposición con 4 %.

##### **4.2.3.2. Sensibilidad al cambio climático en las microrregiones**

La sensibilidad a la que las microrregiones se encuentran expuestas está en función de las condiciones a las que estas enfrentan el cambio climático, así como a sus efectos, siendo directos o indirectos, y que se ve reflejado en las características de la tierra conforme su uso, la configuración de la sequía y cómo

afecta las variables, y, por ende, cómo lo percibe la población, pero principalmente la niñez.

La microrregión sur, al igual que al alto grado de exposición al que se encuentra, de igual forma es la microrregión que posee un grado altamente sensible por la variabilidad del clima con un 26 %, mientras que las microrregiones norte, noreste y urbana poseen una sensibilidad baja con 12 % cada una constituyendo un impacto potencial a cada una de estas.

#### **4.2.3.3. Capacidad de adaptación al cambio climático en las microrregiones**

El subíndice de capacidad de adaptación está en función de las acciones que los poblados realizan y se da por naturaleza en los territorios, y por consecuencia disminuye la vulnerabilidad.

Las microrregiones norte y noreste poseen un nivel alto de capacidad adaptativa, con 37 % y 20 % respectivamente, mientras que, la microrregión urbana con el 0.8 % refleja muy baja capacidad de adaptación.

#### **4.2.3.4. Índice de vulnerabilidad al cambio climático local en las microrregiones**

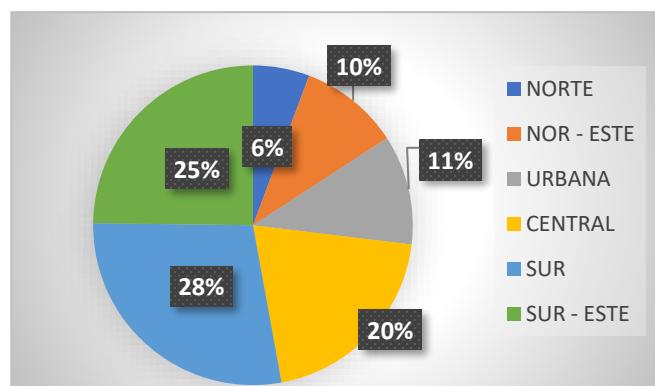
El índice de vulnerabilidad al cambio climático evalúa la vulnerabilidad de las microrregiones del municipio de Salamá ante los eventos y cambios relacionados con el clima extremo actual y sus efectos. Con el propósito de presentar los productos resultantes del municipio, es importante mencionar que el IVCCCL combina el riesgo de exposición al cambio climático, y los fenómenos extremos con la sensibilidad humana actual a esa exposición y la capacidad de

adaptación del municipio, para adaptarse a los impactos potenciales del cambio climático, o para aprovechar los posibles impactos de ese cambio.

El IVCCL es el producto final del cálculo de los indicadores de vulnerabilidad y proveen una fotografía detallada de la realidad de cada microrregión que posee un grado de susceptibilidad o de incapacidad para afrontar los efectos del cambio climático. Las microrregiones sur y sureste, según el cálculo del IVCCL, son las que poseen una vulnerabilidad muy alta ante los efectos del cambio climático, respecto las demás microrregiones. Esto indica que la región sur del municipio requiere de prontas acciones para disminuir la vulnerabilidad, sobre todo aumentando la capacidad adaptativa y así el impacto potencial de las amenazas sea baja.

Finalmente, la microrregión norte presenta una vulnerabilidad baja donde los elementos de capacidad de adaptación reducen esta, y el impacto potencial se disminuye.

**Figura 8. Índice de vulnerabilidad al cambio climático por microrregiones del municipio de Salamá, Baja Verapaz**



Fuente: GIZ y GmbH (2017). *El Libro de la Vulnerabilidad Conceptos y lineamientos para la evaluación estandarizada de la vulnerabilidad.*

#### **4.3. Análisis comparativo de los resultados de los elementos de la metodología del índice de vulnerabilidad al cambio climático local y de la guía para la elaboración de planes de desarrollo municipal y ordenamiento territorial**

Los resultados que proporcionan ambas metodologías dan un panorama general de lo que ocurre en el municipio de Salamá, del departamento de Baja Verapaz, considerando que es un municipio altamente vulnerable a los efectos de la variabilidad climática, principalmente por las inundaciones, deslizamientos y sequía.

Como se indicó anteriormente, la matriz de recolección de datos que la Secretaría de Planificación y Programación de la Presidencia (SEGEPLAN) facilita para el proceso del análisis de amenazas y vulnerabilidades para los territorios contempla dos renglones, el de análisis de amenazas y análisis de vulnerabilidades por la exposición a la amenaza.

##### **4.3.1. Amenazas y vulnerabilidades**

El cambio climático presenta una serie de amenazas y vulnerabilidades significativas para los sistemas naturales y humanos. A continuación, se presentan las comparaciones entre ambos instrumentos que analizan la vulnerabilidad.

###### **4.3.1.1. Inundaciones**

Dicha matriz, para el caso del municipio de Salamá, en relación con las inundaciones, solo indica que sí existe amenaza, e indica los 19 lugares poblados sin mencionar microrregión, mientras que los datos obtenidos por la metodología

del IVCCL indica que son 24, se enlistan los nombres y que pertenecen a las microrregiones del sur y sureste.

En los 19 lugares poblados mencionados, la matriz revela que las inundaciones afectan daños a viviendas, caída de paredones, destrucción de carreteras, puentes e infraestructura pública, no obstante, la metodología IVCCL indica con detalle que el 9 % de la agricultura total del municipio y 50.8 kilómetros lineales se ven abnegados por inundaciones.

La metodología del IVCCL analiza sus amenazas con datos provistos por las entidades rectoras, es decir, las capas utilizadas para realizar los diferentes análisis por medio de los Sistemas de Información Geográfica (SIG) para esta investigación son de carácter oficial, y la metodología de su construcción ya han sido definidos y son utilizados y aplicados a nivel nacional.

Dicho lo anterior, no se contempla el comportamiento de las precipitaciones y temperaturas in situ de determinada microrregión, ya que las variables utilizadas para definir las amenazas del modelo IVCC ya están definidas y esta metodología no contempla su validación en territorio. Las imágenes colocadas en los anexos son con fines ilustrativos y no necesariamente confirman la ocurrencia de las amenazas descritas en la investigación.

#### **4.3.1.2. Deslizamientos**

Analizando los poblados con amenaza de deslizamiento, la matriz PDM-OT manifiesta que son los mismos 19 lugares poblados, mientras que los datos de la metodología del IVCCL, indican que son 27 y que se encuentran ubicados principalmente en las microrregiones del norte y noreste.

La matriz PDM-OT indica que la exposición a la amenaza principalmente se manifiesta en la infraestructura como daños a viviendas y carreteras, daños a edificios escolares, cunetas entre otros, y medios de vida y servicios ecosistémicos a cultivos únicamente. La metodología del IVCCL indica que, en cuanto a la infraestructura vial, 280.71 kilómetros se expuestos a deslizamientos principalmente en las microrregiones norte y noreste. En la agricultura, dicha metodología indica que el 23 % de cobertura total se ve afectada por deslizamientos de sedimentos, gravas entre otros.

#### **4.3.1.3. Sequía**

En relación con la sequía, se indica que sí existe en el municipio, y afecta directamente a la seguridad alimentaria, por otro lado, la metodología del IVCCL indica que el 68 % de la cobertura agrícola se ve afectada respecto al total del municipio. Además, 90 lugares poblados son los que directamente se ven perjudicados, y que se ubican en el cinturón del corredor seco de las microrregiones sur y sureste.



## **CONCLUSIONES**

1. Se contribuye al aumento de las capacidades de adaptación considerando el enfoque de gestión de riesgo y cambio climático, analizando las amenazas potenciales del territorio, el grado de vulnerabilidad al que se encuentran expuestos, el nivel de sensibilidad a que los sistemas humanos son perjudicados para dar sostenibilidad a la gestión integral del desarrollo territorial del municipio de Salamá, Baja Verapaz.
2. Por medio de la construcción de un modelo conceptual se determinaron los componentes que permitieron la generación del Índice de vulnerabilidad al cambio climático a nivel local del municipio de Salamá del departamento de Baja Verapaz.
3. El modelo conceptual contempló 5 componentes que permitió el establecimiento de 3 amenazas, 7 variables, 22 indicadores, 4 subíndices y 1 índice de vulnerabilidad al cambio climático a nivel local que identifica las microrregiones más vulnerables ante los efectos de la variabilidad climática.
4. La realización y utilización de la metodología del índice de vulnerabilidad al cambio climático local aportó insumos técnicos y científicos que generan elementos de soporte al análisis de amenazas y vulnerabilidades de la guía metodológica PDM-OT de la SEGEPLAN.
5. Derivado del análisis de los productos de la metodología del índice de vulnerabilidad al cambio climático local y de la matriz de amenazas y

vulnerabilidades se estableció que el municipio se encuentra en nivel medio alto de vulnerabilidad, principalmente en las microrregiones norte y noreste.

## **RECOMENDACIONES**

1. Que las autoridades municipales propicien y realicen sinergias con organizaciones, cooperación internacional e instituciones estatales para contemplar acciones de adaptación al cambio climático y sean incluidos en sus diferentes planes locales para contribuir a la reducción de las vulnerables ante los efectos de la variabilidad climática en microrregiones más vulnerables.
2. Que la metodología que analiza el índice de vulnerabilidad al cambio climático local se incluya a la caja de herramientas que proporciona la SEGEPLAN para que la mesa técnica del PDM-OT agregue de forma integral al análisis de amenazas y vulnerabilidades del municipio de Salamá, Baja Verapaz.
3. Actualizar el documento del Plan de Desarrollo Municipal y Ordenamiento Territorial del municipio de Salamá, principalmente el eje de cambio climático y gestión de riesgo realizado con anterioridad, y que los insumos generados por el IVCCL y los indicadores sean considerados para ampliar el criterio de la implementación de medidas de adaptación al cambio climático y su inclusión en los planes operativos anuales, planes estratégicos interinstitucionales y planes operativos multianuales.
4. Es importante que la municipalidad de Salamá, a través de su Dirección de Desarrollo Territorial genere información geográfica del municipio, de forma participativa y coherente con el objetivo de actualizar las bases de datos y estén disponibles para actualizar el IVCCL a futuro.

5. Que las autoridades municipales presten mayor atención a las microrregiones del sur del municipio, realizando medidas de adaptación al cambio climático como reforestaciones en las partes altas de las microcuencas y riberas de los ríos, creación de programas que reduzcan la tala y consumo de madera, implementación de sistemas agroforestales, entre otros, con el fin de aumentar la capacidad de adaptación y reducir la vulnerabilidad en estos territorios.

## REFERENCIAS

1. Cardona, O., Bertoni, J., Gibbs, T., Hermelin, M., y Lavell, A. (2010). *Entendimiento y gestión del riesgo asociado a las amenazas naturales: un enfoque científico integral para América Latina y el Caribe.* México: Offset Rebosán. Recuperado de [https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&ved=2ahUKEwi75c6fj9OAAxVjtoQIHfjzC70QFnoECA0QAQ&url=https%3A%2F%2Fwww.ipcc.ch%2Fapps%2Fnjlite%2Fsrex%2Fnjlite\\_download.php%3Fid%3D6123&usg=AOvVaw1RWqVOvf\\_myuU6a3nWz28e&opi=89978449](https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&ved=2ahUKEwi75c6fj9OAAxVjtoQIHfjzC70QFnoECA0QAQ&url=https%3A%2F%2Fwww.ipcc.ch%2Fapps%2Fnjlite%2Fsrex%2Fnjlite_download.php%3Fid%3D6123&usg=AOvVaw1RWqVOvf_myuU6a3nWz28e&opi=89978449)
2. Decreto 7-2013 La ley marco para regular la reducción de la vulnerabilidad, la adaptación obligatoria ante los efectos del cambio climático y la mitigación de gases de efecto invernadero. Diario de Centro América. Guatemala. 4 de octubre de 2013.
3. De León Solares, L. F. (2019). *Desarrollo de un sistema de información para el análisis de riesgo al cambio climático incorporado en los procesos del Sistema Nacional de Planificación.* Guatemala: SEGEPLAN.
4. Funes, M. (2017). *Atlas de recursos geoambientales.* Santiago de Chile: Autor.
5. GIZ. (2016). *El libro de la vulnerabilidad: Conceptos y lineamientos para la evaluación estandarizada de la vulnerabilidad.* México: Autor.

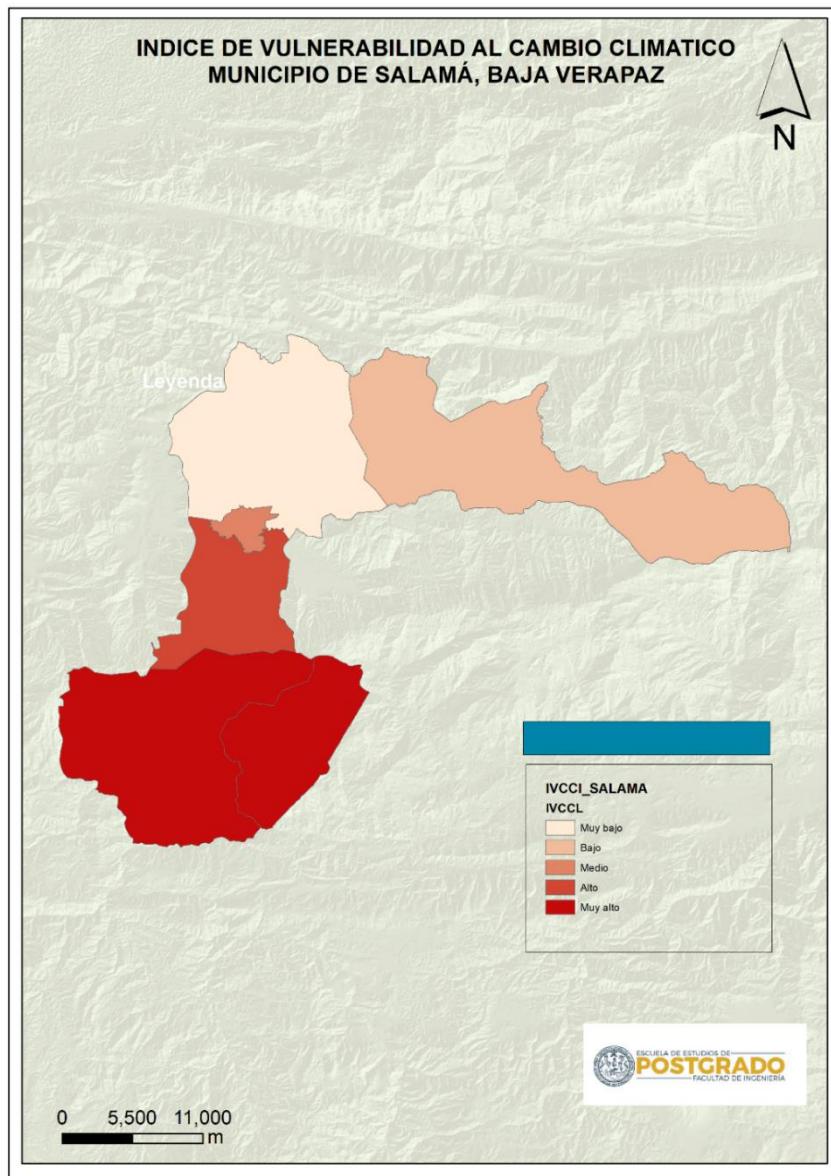
6. Instituto Geográfico Agustín Codazzi (1998) *Guía simplificada para la elaboración del plan de ordenamiento territorial municipal*. Bogotá, Colombia: Autor.
7. IPCC (2014) *Cambio climático: impactos, adaptación, vulnerabilidad*. Suiza: Autor. Recuperado de [https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/03/ar5\\_wgII\\_spm\\_es-1.pdf](https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/03/ar5_wgII_spm_es-1.pdf)
8. Magaña V. (2013) *Guía Metodológica para la Evaluación de la Vulnerabilidad ante el Cambio Climático*. Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático. México: Autor.
9. MARN (2009) *Política Nacional de Cambio Climático*. Guatemala: Autor.
10. MARN (2018) *Plan de acción nacional de cambio climático*. (2<sup>a</sup> edición). Guatemala: Autor.
11. Massiris, A. (2002) *Ordenamiento del territorio en América Latina*. Quito, Perú: Union Europea.
12. MINAMBIENTE (2018) *Consideraciones de cambio climático para el ordenamiento territorial*. Bogotá: Autor.
13. SEGEPLAN (2016) *Guía general para la planificación del desarrollo en Guatemala*. Guatemala: Autor.
14. SEGEPLAN (2018) *Guía metodológica para el desarrollo de planes de desarrollo municipal y ordenamiento territorial*. Guatemala: Autor.

15. UNICEF (2012) Cambio climático en Guatemala: efectos y consecuencia en la niñez y adolescencia. Guatemala: Autor.
16. Valladares, F. y Peñuelas, J. (2015) *Impactos del cambio climático en España, impactos sobre los ecosistemas terrestres*. Madrid, España: Funca.



## APÉNDICES

Apéndice 1. **Mapa del índice de vulnerabilidad al cambio climático, Baja Verapaz**

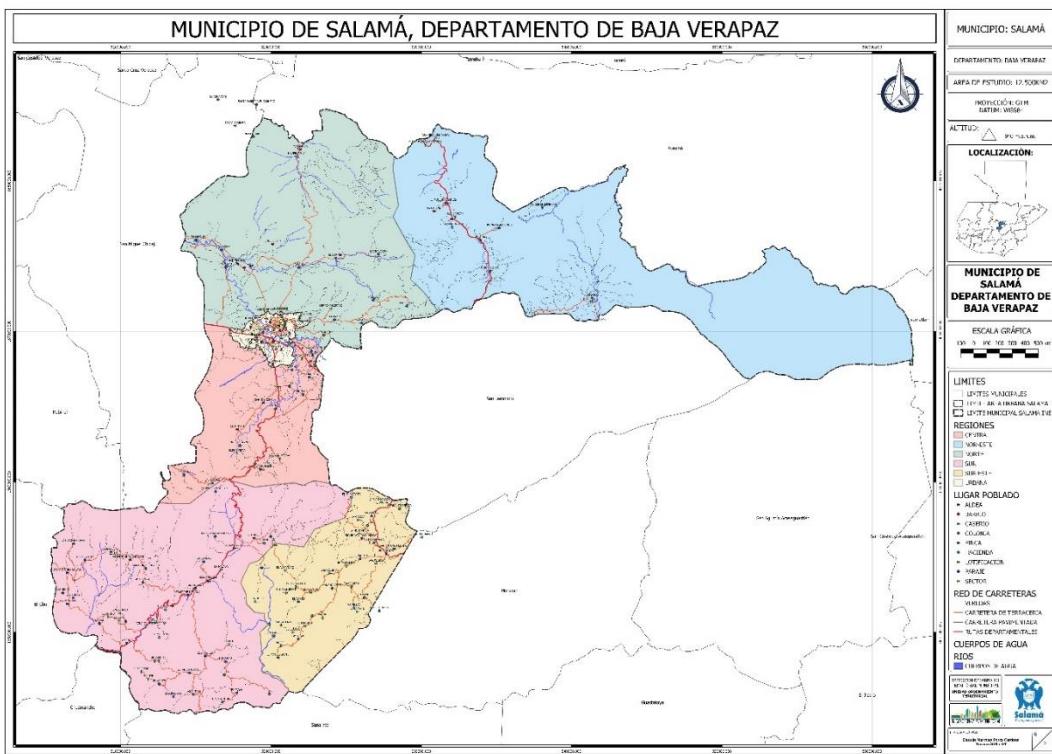


Fuente: elaboración propia, usando QGIS, con datos del IVCCL.



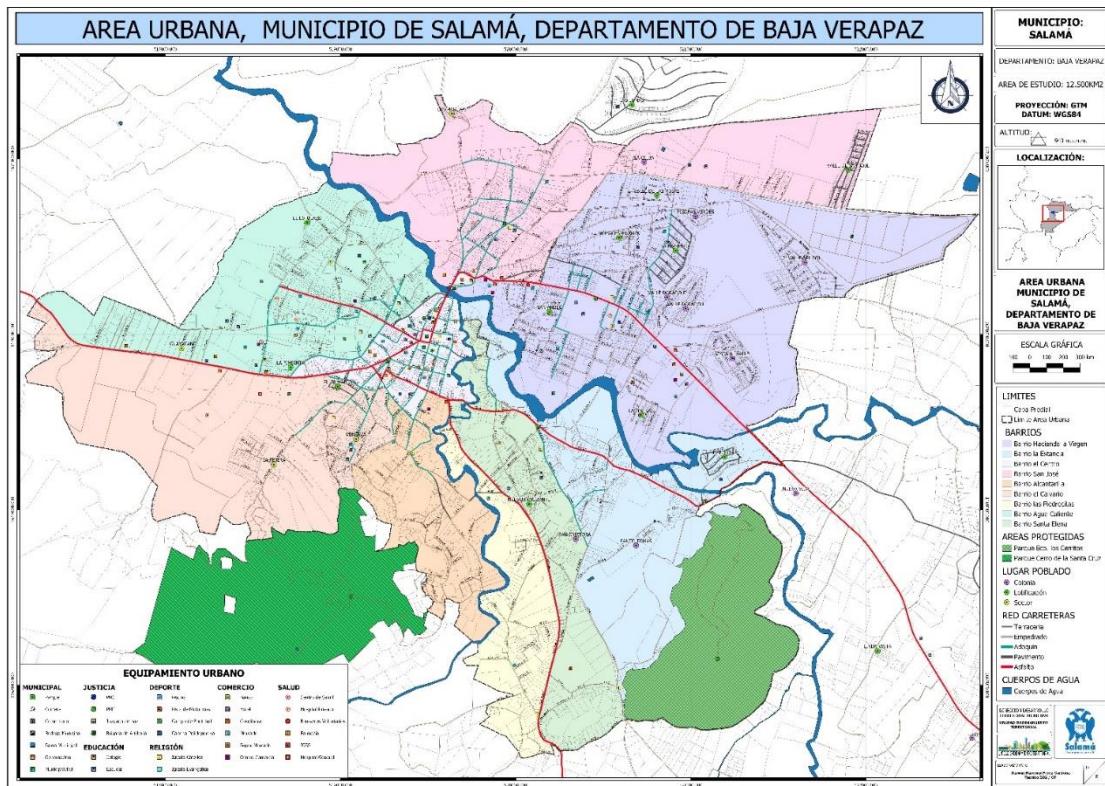
## ANEXOS

### Anexo 1. Mapa de microrregiones del municipio de Salamá, Baja Verapaz



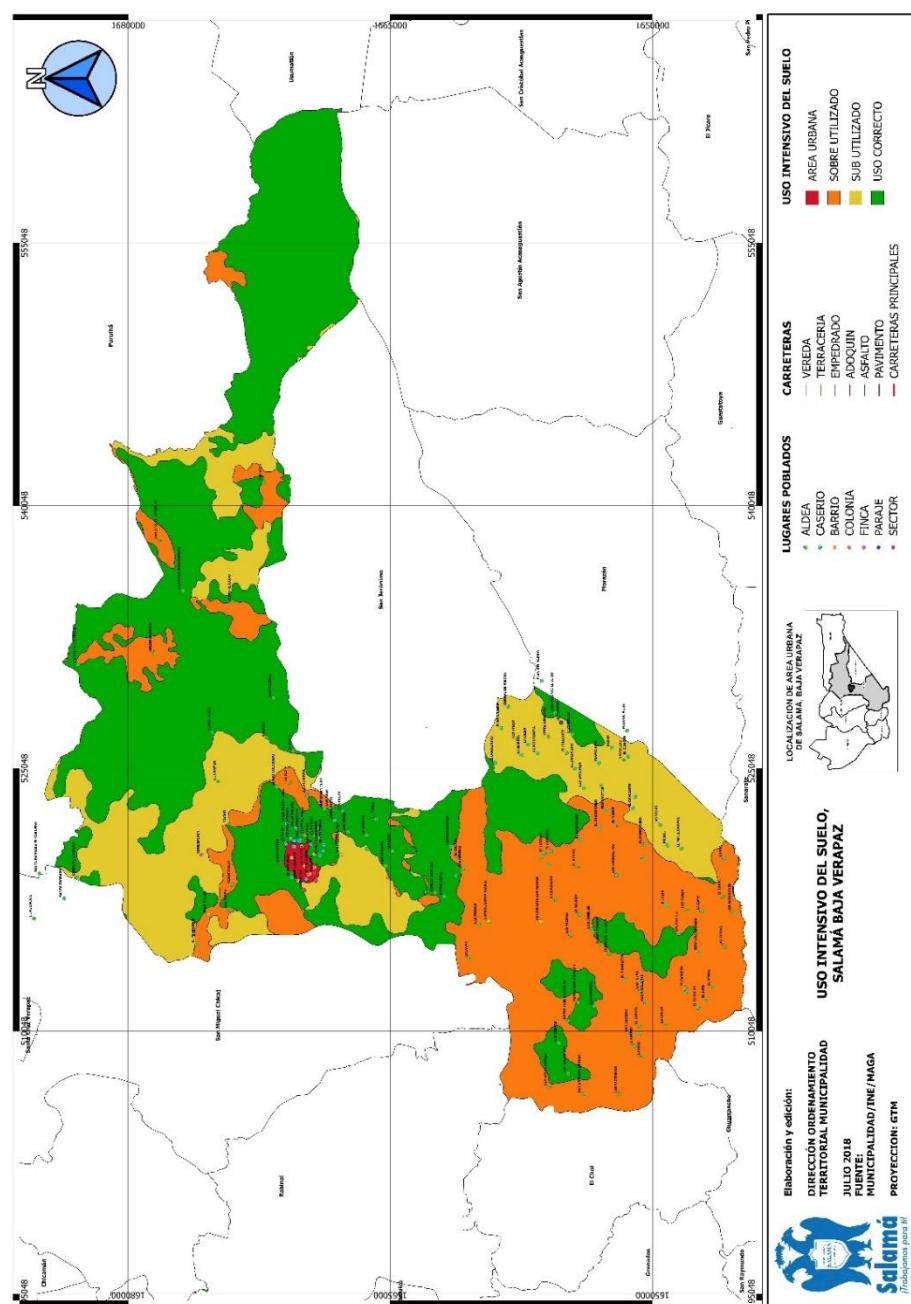
Fuente: Pérez, M. (2018) *Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial del municipio de Salamá, Baja Verapaz.*

## Anexo 2. Mapa del área urbana del municipio de Salamá, Baja Verapaz



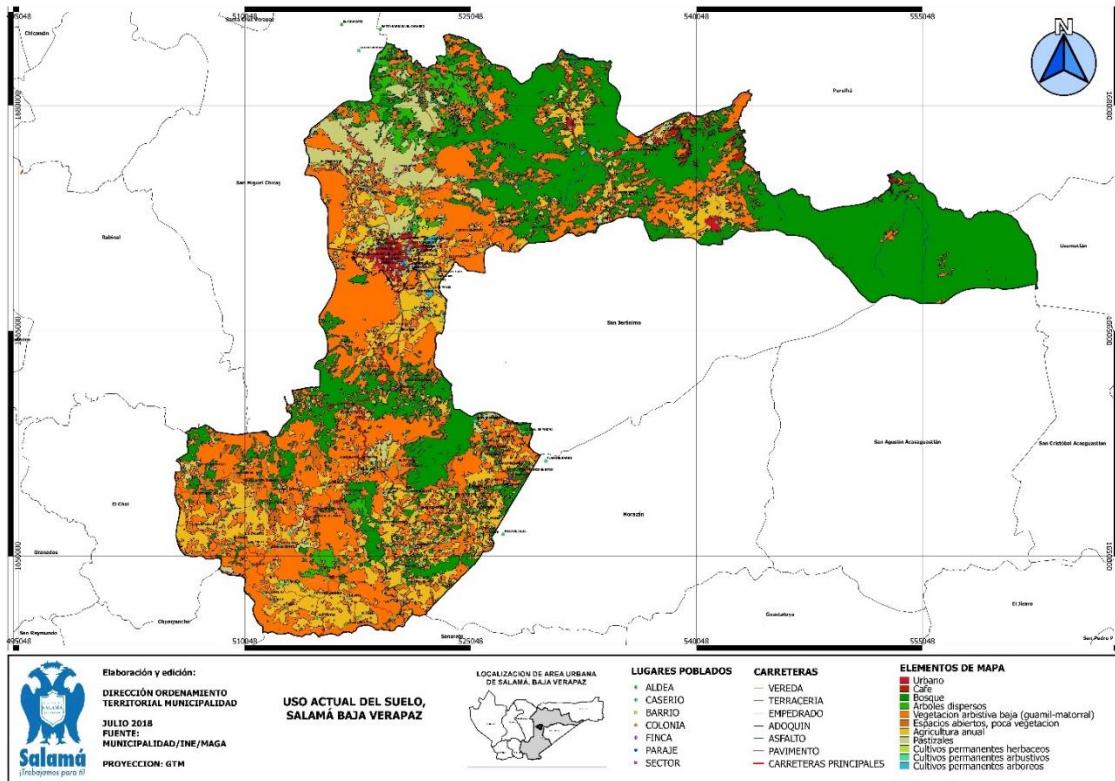
Fuente: Pérez, M. (2018) *Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial del municipio de Salamá, Baja Verapaz.*

**Anexo 3. Mapa de intensidad uso del suelo del municipio de Salamá,  
Baja Verapaz**



Fuente: Pérez, M. (2018) *Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial del municipio de Salamá, Baja Verapaz.*

#### Anexo 4. Mapa de uso actual del suelo del municipio de Salamá



Fuente: Pérez, M. (2018) *Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial del municipio de Salamá, Baja Verapaz.*

**Anexo 5. Fotografía de área inundada de zona agrícola durante tormenta Eta y Iota**



Fuente: [Fotografía de Marcony Pérez]. (Aldea Chilascó, Salamá. 2020). Archivo fotográfico de la Municipalidad de Salamá, Baja Verapaz. Salamá, Baja Verapaz, Guatemala.

**Anexo 6. Fotografía de área inundada de zona agrícola durante tormenta  
Eta e Iota**



Fuente: [Fotografía de Josué Rivera]. (Aldea Chilascó, Salamá. 2020). Archivo fotográfico de la Municipalidad de Salamá, Baja Verapaz. Salamá, Baja Verapaz, Guatemala.

**Anexo 7. Infraestructura vial damnificada por los efectos de las tormentas  
Eta e Iota**



Fuente: [Fotografía de Josué Rivera]. (Aldea Chilascó, Salamá. 2020). Archivo fotográfico de la Municipalidad de Salamá, Baja Verapaz. Salamá, Baja Verapaz, Guatemala.

## Anexo 8. Matriz de recolección de datos de la guía PDM-OT

1) Tipo de amenaza	2) Amenaza	a) Análisis de amenazas				b) Análisis de vulnerabilidades por:		
		3) ¿Está presente la amenaza en el municipio? (Sí o No)	4) Frecuencia (¿Cada cuánto se ha presentado la amenaza?)	5) Intensidad	6) Ubicación del área expuesta a la amenaza	7) Infraestructura	8) Medios de vida y/o servicios ecosistémicos	9) ¿Qué acciones se han realizado para reducir la vulnerabilidad a la amenaza?
Si	Si				<p>1) Área Urbana (quebrada Orotapa, que afecta Sector El Caracol Barrio Las Piedras, Barrio La Estancia, Barrio El Centro, Barrio Agua Caliente - Laguneta por lluvia Frente al Hospital Nacional); - Barrio El Centro -calle del comercio y bajada del rastro municipal; - Barrio Hacienda La Virgen)</p> <p>2) Aldea La Canoa</p> <p>3) Aldea Paso Ancho,</p> <p>4) Aldea Tunal,</p> <p>5) Aldea Las Tunas,</p> <p>6) Aldea Los Pinos,</p> <p>7) Aldea Tempisque,</p> <p>8) Aldea La Paz,</p> <p>9) Aldeas El Aquacate Los Carreros,</p> <p>10) Aldea Chucucus,</p> <p>11) Aldea Las Fejas,</p> <p>12) Aldea Niño Pérdido,</p> <p>13) Aldea San Juan Vela Vista</p> <p>14) Aldea Nuevo San Juan,</p> <p>15) Aldea El Manzadero,</p> <p>16) Aldea La Vega,</p> <p>17) Aldea Las Iuntas,</p> <p>18) Aldea Trapiche de Agua,</p> <p>19) Aldea Llano Grande.</p>	<p>1) Actualización del reglamento de construcción,</p> <p>2) Mejoramiento de infraestructura,</p> <p>3) Capacitaciones,</p> <p>4) Organización COLEDE's.</p> <p>5) Construcción de bordas junto con el dragado de río.</p> <p>7) Verla por la no reducción de los causes de río, para evitar que el agua suba, y cree inundaciones.</p> <p>8) Ampliar el cauce del río.</p> <p>9) Verla porque no se acumule el río y basura.</p> <p>10) Limpieza del caudal del río.</p> <p>11) Conforma una comisión para revisar el tráctico del río Salama por el Barrio Hacienda La Virgen.</p> <p>12) Revisa los puentes para colocar indicadores del nivel.</p>		
Inundaciones / crecidas de río								
Natural								

Fuente: SGEPLAN. (2018). *Matriz de amenazas y vulnerabilidades, guía metodológica para la elaboración del PDM-OT en la Municipalidad de Salamá, Baja Verapaz.*

## Anexo 9. Matriz de recolección de datos de la guía PDM-OT

Fuente: SEGEPLAN. (2018). *Matriz de amenazas y vulnerabilidades, guía metodológica para la elaboración del PDM-OT en la Municipalidad de Salamá, Baja Verapaz.*

