

PLAN · 

TERRITORIOS RESILIENTES
ANTE EL CAMBIO CLIMÁTICO

PLAN DE ACCIÓN PARA LA ADAPTACIÓN CLIMÁTICA

CANTÓN LA CRUZ

Producto 2. Diagnóstico

Febrero de 2022



El presente documento fue elaborado para la Municipalidad de La Cruz en el marco del proyecto Plan-A: Territorios Resilientes ante el Cambio Climático. Este es implementado por el Programa de la Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA), con financiamiento del Fondo Verde para el Clima (GCF) y bajo la supervisión estratégica del Ministerio de Ambiente y Energía (MINAE) de Costa Rica.

Febrero de 2022, San José, Costa Rica

Contrato:

Consultoría para la integración efectiva de estrategias de adaptación al cambio climático en procesos de planificación municipal en los cantones Cañas, Nicoya, La Cruz, Upala y Los Chiles (NAP Costa Rica Región Chorotega y Huetar Norte)

Empresas consultoras:

IDOM

IDOM, Engineering, Architecture, Consulting



Centro Para la Sostenibilidad Urbana (CPSU)

Equipo de trabajo:

Asier Rodríguez Ochoa, Especialista en planificación de la adaptación. Coordinador del equipo.

Jessie Vega Méndez, Especialista en procesos participativos

Carla Quesada Alluín, Especialista en análisis sociológicos y enfoque de género

Alberto de Tomás Calero, Especialista en análisis de riesgos climáticos y Sistemas de Información Geográfica

María Perona Alonso, Especialista en planificación urbana y Sistemas de Información Geográfica

Ruth Martínez Rodríguez, Especialista en adaptación basada en ecosistemas

Aida Fernández Pérez, Especialista en ordenamiento territorial y riesgos

Título del producto:

Producto 2. Diagnóstico

Versión del documento:

Versión 1. Para revisión y aprobación por parte de los equipos municipales

Supervisión técnica:

Ximena Apéstegui Guardia, Coordinadora del proyecto Plan A

Natalia Gómez Solano, Asistente técnica del proyecto Plan-A

Raquel Gómez Ramírez, Asesora técnica en planificación de la adaptación proyecto Plan-A

Contenidos

Abreviaciones	6
Figuras	8
Tablas	9
1 Glosario	11
2 Presentación	15
3 Perfil local	16
3.1 Contexto geográfico	16
3.2 Caracterización socioeconómica	18
3.3 Planificación territorial y sectorial.....	21
3.4 Acciones climáticas en el cantón.....	24
4 Perfil climático	27
4.1 Clima histórico y registro de desastres asociados al clima	28
4.2 Proyecciones climáticas.....	33
4.3 Amenazas a considerar	35
4.4 Categorización de la peligrosidad	38
4.5 Receptores sensibles y cadenas de impacto	46
4.6 Exposición y vulnerabilidad	55
4.7 Caracterización de riesgos climáticos.....	62
4.8 Capacidad adaptativa actual.....	76
5 Lineamientos estratégicos	79
5.1 Políticas y reportes nacionales en materia de acción climática	79
5.2 Análisis DAFO.....	81
5.3 Elementos estructuradores de la propuesta de adaptación	83
6 Avances en el proceso participativo	86
6.1 Avances hasta la fecha.....	86
6.2 Mapeo de actores.....	90
7 Siguiendo pasos	93
8 Conclusiones y recomendaciones	96
9 Referencias	99
10 Anexo 1. Metodología para el análisis de riesgos	101
10.1 Peligrosidad	101
10.2 Exposición y vulnerabilidad	111
10.3 Cálculo del riesgo.....	116
11 Anexo 2. Proyecciones climáticas en Costa Rica	118
12 Anexo 3. Análisis DAFO	121



Abreviaciones

ARC	Análisis de Riesgos Climáticos
ASADA	Asociación Administradora de Sistemas de Acueductos y Alcantarillados comunales
ASP	Áreas Silvestres Protegidas
AyA	Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados
CCCC	Comisión Cantonal de Cambio Climático
CCI	Climate Change Initiative (Iniciativa de Cambio Climático)
CENIG	Centro Nacional de Información Geoambiental
CNE	Comisión Nacional de Emergencias
CPSU	Centro Para la Sostenibilidad Urbana
DCC	Dirección de Cambio Climático
ELSA	Essential Life Support Area
ESA	European Space Agency (Agencia Espacial Europea)
FODA	Fortalezas, Oportunidades, Debilidades y Amenazas
GCF	Fondo Verde del Clima
GEI	Gases de Efecto Invernadero
GIS	Sistemas de Información Geográfica
Ha	Hectárea
IGM	Índice de Gestión Municipal
IMN	Instituto Meteorológico Nacional
INEC	Instituto Nacional de Estadística y Censos
IPCC	Grupo Intergubernamental de Expertos en Cambio Climático de Naciones Unidas
IUCN	Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza
MIDEPLAN	Ministerio de Planificación Nacional y Economía Política
MINAE	Ministerio de Ambiente y Energía
MIVAH	Ministerio de Vivienda y Asentamientos Humanos
MOPT	Ministerio de Obras Públicas y Transporte
M&R	Monitoreo y Reporte
NAP	Plan Nacional de Adaptación
NDC	Contribución Nacional Determinada
ODS	Objetivos de Desarrollo Sostenible
PCDHL	Plan Cantonal de Desarrollo Humano Local
PEM	Plan Estratégico Municipal
PAAC	Plan de Acción para la Adaptación Climática
PNACC	Política Nacional de Adaptación al Cambio Climático
PNUMA	Programa de Naciones Unidas para el Medio Ambiente
PR	Plan Regulador de Ordenamiento Territorial
SAM	Sinergias entre Mitigación y Adaptación
SENARA	Servicio de Aguas Subterráneas, Riego y Avenamiento
SINAC	Sistema Nacional de Áreas de Conservación
SINAMECC	Sistema Nacional de Métrica del Cambio Climático
SINIA	Sistema Nacional de Información
SINIGIRH	Sistema Nacional de Información de Gestión Integrada de Recurso

SNIT Sistema Nacional de Información Territorial
UNDP Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo
UNFCCC Convención Marco de las Naciones Unidas para el Cambio Climático

Figuras

Figura 1. Localización.....	16
Figura 2. Áreas de Especial Protección.....	18
Figura 3. Usos del suelo.....	21
Figura 4. Conceptualización del riesgo climático.....	27
Figura 5. Precipitación media anual en La Cruz.....	29
Figura 6. Temperatura máxima media anual en La Cruz.....	30
Figura 7. Temperatura mínima media anual en La Cruz.....	31
Figura 8. Climodiagrama.....	32
Figura 9. Mapa de amenazas hidrometeorológicas.....	36
Figura 10. Mapa de peligrosidad de inundaciones.....	40
Figura 11. Mapa de peligrosidad de deslizamientos.....	42
Figura 12. Mapa de peligrosidad de sequías.....	44
Figura 13. Mapa de vulnerabilidad de la población.....	60
Figura 14. Mapa de vulnerabilidad de del hábitat urbano.....	61
Figura 15. Composición espacial del riesgo climático.....	63
Figura 16. Mapa de riesgo de inundaciones sobre población y hábitat urbano.....	66
Figura 17. Mapa de riesgo de inundaciones sobre sector agropecuario y vías.....	67
Figura 18. Mapa de riesgo de deslizamientos sobre población, hábitat urbano y vías.....	70
Figura 19. Mapa de riesgo de sequías sobre sector agropecuario y áreas naturales.....	73
Figura 20. Mapa de riesgo de olas de calor sobre población y hábitat urbano.....	75
Figura 21. Matriz de relevancia de actores.....	90
Figura 22. Índice de aridez promedio.....	107

Tablas

Tabla 1. Población distribuida por zona y sexo	19
Tabla 2. Población activa por tipo de actividad.....	20
Tabla 3. Cambios en el uso del suelo.....	20
Tabla 4. Eventos asociados al clima (1988-2019).....	32
Tabla 5. Proyecciones climáticas de precipitación en La Cruz	34
Tabla 6. Proyecciones climáticas de temperatura máxima en La Cruz	35
Tabla 7. Proyecciones climáticas de temperatura mínima en La Cruz.....	35
Tabla 8. Porcentajes de cambio de la variable R95p.....	39
Tabla 9. Porcentajes de cambio de la variable CDD	45
Tabla 10. Receptores sensibles.....	47
Tabla 11. Cadenas de impactos asociadas a las inundaciones.....	48
Tabla 12. Cadenas de impactos asociadas a los deslizamientos	49
Tabla 13. Cuantificación de daños por eventos organizado por receptores 1988-2019	50
Tabla 14. Cadenas de impactos asociadas a las sequías	51
Tabla 15. Cuantificación de daños por eventos organizado por receptores 1988-2019	52
Tabla 16. Cadenas de impactos asociadas a las olas de calor	53
Tabla 17. Impactos indirectos sobre la población en situación de vulnerabilidad frente al cambio climático.....	55
Tabla 18. Indicadores de análisis de las amenazas	57
Tabla 19. Riesgo por inundaciones sobre los receptores considerados bajo los escenarios (RCP 4.5 y RCP 8.5) y horizontes temporales (2015-2045 y 2045-2075) analizados	65
Tabla 20. Riesgo por deslizamientos sobre los diferentes receptores considerados bajo los escenarios (RCP 4.5 y RCP 8.5) y horizontes temporales (2015-2045 y 2045-2075) analizados	69
Tabla 21. Riesgo por sequía sobre los diferentes receptores considerados bajo los escenarios (RCP 4.5 y RCP 8.5) y horizontes temporales (2015-2045 y 2045-2075) analizados	72
Tabla 22. Riesgo por olas de calor sobre los diferentes receptores considerados bajo los escenarios (RCP 4.5 y RCP 8.5) y horizontes temporales (2015-2045 y 2045-2075) analizados	74
Tabla 23. Lineamientos contenidos en la PNACC.....	80
Tabla 24. Fundamentos del análisis DAFO	82
Tabla 25. Esquema de actividades previsto	86
Tabla 26. Personas asistentes a la Reunión Técnica 1.....	87
Tabla 27. Personas asistentes a la Reunión Técnica 2.....	88
Tabla 28. Personas asistentes al Taller 1	89
Tabla 29. Relevancia de actores identificados	91
Tabla 30. Categorización de la evolución prevista de la peligrosidad asociada a lluvias intensas.....	102
Tabla 31. Categorización de pendientes como criterio para la componer la peligrosidad espacial de inundaciones.....	103
Tabla 32. Peligrosidad a inundaciones	104
Tabla 33. Clasificación de los niveles de peligrosidad asociados a inundaciones	104

Tabla 34. Categorización de pendientes como criterio para la componer la peligrosidad espacial de deslizamientos	105
Tabla 35. Peligrosidad a deslizamientos.....	105
Tabla 36. Clasificación de los niveles de peligrosidad asociados a deslizamientos	106
Tabla 37. Categorización de la aridez	108
Tabla 38. Categorización de la evolución prevista de la peligrosidad asociada a déficit de lluvias	109
Tabla 39. Clasificación de los niveles de peligrosidad asociados a déficit de lluvias	109
Tabla 40. Categorización de la evolución prevista de la peligrosidad asociada a olas de calor	111
Tabla 41. Modelos climáticos incluidos en el ensamble NASA-NEX y sus características..	119
Tabla 42. Resumen de las debilidades identificadas	121
Tabla 43. Resumen de las amenazas identificadas	122
Tabla 44. Resumen de las fortalezas identificadas.....	123
Tabla 45. Resumen de las oportunidades identificadas.....	124

1 Glosario

La resiliencia climática urbana es un concepto eminentemente transversal en el que intervienen factores diversos de naturaleza social, ambiental y económica. Completar con éxito un análisis de riesgos climáticos requiere integrar insumos y conocimientos desde diferentes disciplinas técnicas “clásicas” como la geografía, la estadística, la climatología, la ingeniería civil o la gestión de emergencias, las cuales a menudo ya manejan términos que han sido incorporados y, en algunos casos, adaptados, para estructurar el Plan de Acción para la Adaptación Climática.

Resulta oportuno por tanto definir el conjunto de elementos y criterios que requieren ser conceptualizados para ser manejados y entendibles a lo largo del perfil climático que se desarrolla en el presente documento. La práctica totalidad de las definiciones que a continuación se aportan han sido directamente extraídas del glosario que acompaña el último informe de evaluación publicado por el Grupo Intergubernamental de Expertos para el Cambio Climático.

Adaptación

Proceso de ajuste al clima real o proyectado y sus efectos por medio de intervenciones (medidas) dirigidas a moderar o evitar impactos potenciales y/o aprovechar las oportunidades que se identifiquen en el proceso.

Amenaza

Evento extremo o anómalo relacionado con el clima que puede causar pérdidas de vidas, lesiones u otros efectos negativos sobre la salud, así como daños y pérdidas en propiedades, infraestructuras, medios de subsistencia, prestaciones de servicios y recursos ambientales.

Capacidad adaptativa

Habilidad del receptor expuesto de protegerse, asimilar o recuperarse ante potenciales impactos. Esta capacidad incluye los recursos disponibles, conocimientos, herramientas, políticas, así como todo lo que permita enfrentar y superar las condiciones adversas relativas a los cambios del clima en el corto y largo plazo.

Exposición

Presencia de elementos receptores en los sistemas naturales, antropogénicos y humanos (vegetación, animales, bienes, infraestructura y humano) que son potencialmente sensibles a ser afectados por una amenaza climática concreta.

Impacto

Efecto sobre los sistemas naturales, antropogénicos y humanos expuestos, asociado a un suceso o tendencia física relacionada con el clima. Los impactos se definen por su magnitud e intensidad.

Mitigación

Intervención antropogénica (acción humana) dirigida a reducir los impactos, y por ende reducir las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) (reducción del consumo de combustibles fósiles, fomento de las energías renovables, eficiencia energética) o promover los sumideros de carbono (procesos, actividades o mecanismos que eliminan un gas invernadero de la atmósfera).

Medida de adaptación

Estrategia dirigida a reducir la exposición y/o la vulnerabilidad.

Peligrosidad

Caracterización de la probabilidad y potencial incidencia asociadas a una amenaza.

Percentil

Conjunto de los valores de una partición que divide una variable (por ejemplo, temperatura o precipitación) de una distribución en partes iguales centesimales.

A modo de ejemplo, el percentil 50 el correspondiente a la mediana de la variable, y el percentil 95 es el valor de la variable que es igual o deja por debajo de sí al 95% del total de los datos.

RCP (*Representative Concentration Pathway*)

Escenarios que pronostican la evolución temporal de las emisiones y concentración de GEI en la atmósfera hasta el año 2100, indicando su forzamiento radiativo asociado (tasa de cambio de energía por unidad de superficie inducida en la parte superior de la atmósfera). A mayor forzamiento radiativo, mayor variabilidad en las condiciones climáticas respecto al periodo pre-industrial. Una nula posibilidad de cambio climático por causas antropogénicas implicaría forzamientos radiativos nulos.

Para completar el último informe de análisis del IPCC fueron seleccionados estos cuatro escenarios:

- RCP2.6 Un escenario “optimista”, que prevé una disminución progresiva en la concentración de GEI en la atmósfera hasta final de siglo, con un forzamiento radiativo

asociado que alcanza su punto máximo a aproximadamente 3 W/m^2 a mitad de siglo y luego disminuye.

- RCP4.5 y RCP6.0 Dos vías de estabilización “intermedias” en las que el forzamiento radiativo se estabiliza aproximadamente en 4.5 y 6.0 W/m^2 .
- RCP8.5 Una vía “pesimista” que considera un ritmo de crecimiento de las emisiones análogo al registrado a lo largo de las últimas décadas y devuelve un forzamiento radiativo que alcanza más de $8,5 \text{ W/m}^2$ para 2100.

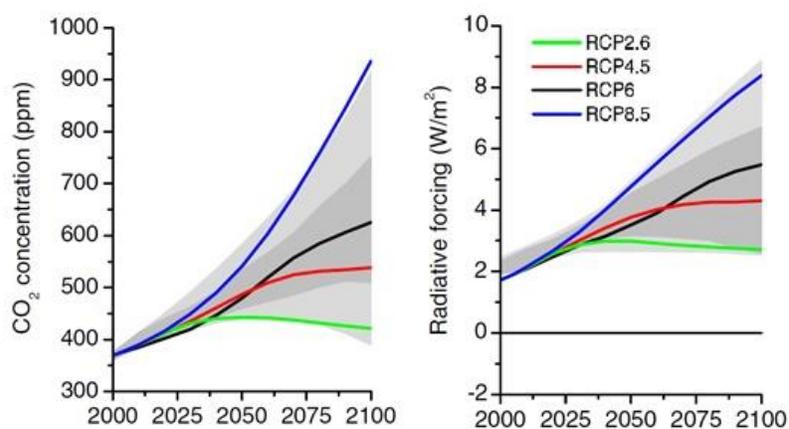


Figura 1. Escenarios de trayectorias de concentración representativas (van Vuuren et al. 2011)

Receptores sensibles

Personas; medios de subsistencia; especies o ecosistemas; funciones, servicios y recursos ambientales; infraestructura; o activos económicos, sociales o culturales en lugares y entornos potencialmente expuestos.

Resiliencia

Capacidad de un sistema de afrontar un suceso o perturbación peligroso respondiendo o reorganizándose de modo que mantenga su función esencial, su identidad y su estructura, y conservando al mismo tiempo la capacidad de adaptación, aprendizaje y transformación.

Riesgo

Resulta de la interacción de una amenaza concreta con la exposición y vulnerabilidad de un receptor.

Sensibilidad

Características intrínsecas del elemento expuesto que aumentan la probabilidad de sufrir impactos a causa de una amenaza climática, así como sus potenciales consecuencias directas o indirectas. Hace referencia a su fragilidad y a su valor (humano, económico, cultural, ambiental).

Susceptibilidad

La susceptibilidad expresa la posibilidad de que pueda ocurrir un determinado proceso dentro de un contexto físico. Ello implica la superposición de capas temáticas de parámetros propios del ámbito geográfico de estudio, como son geología, geomorfología, fisiografía, entre otros (factores condicionantes), y parámetros que desencadenan el evento, como por ejemplo las lluvias intensas (factores desencadenantes).

Vulnerabilidad

Grado de susceptibilidad o de incapacidad de un receptor sensible para afrontar los efectos adversos del cambio climático y, en particular, la variabilidad del clima y los fenómenos extremos. Es el resultado de la consideración conjunta de sensibilidad y capacidad adaptativa.

2 Presentación

El Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA) con el apoyo institucional de Fundecooperación, ejecuta el Proyecto "Construyendo capacidades subnacionales para la implementación del Plan Nacional de Adaptación en Costa Rica", también llamado Plan-A: Territorios Resilientes ante el Cambio Climático. Este proyecto es financiado por el Fondo Verde para el Clima (GCF) y está bajo la supervisión estratégica del Ministerio de Ambiente y Energía (MINAE) de Costa Rica.

El Proyecto Plan-A busca fortalecer la capacidad del país para alcanzar los compromisos establecidos a nivel internacional e integrar la adaptación ante el cambio climático en la planificación regional y municipal, por medio de:

- El fortalecimiento de los marcos de planificación actuales a nivel regional y cantonal, reconociendo el papel crucial de las autoridades subnacionales en la adaptación al cambio climático.
- El involucramiento de actores clave en los procesos de planificación e implementación de la adaptación a nivel subnacional.
- La producción de evaluaciones de riesgo cantonal para identificar necesidades de adaptación.
- El desarrollo de capacidades institucionales y técnicas en distintos niveles; y el desarrollo de mecanismos adecuados para el monitoreo y reporte de avances en adaptación a nivel subnacional.

Para ello, como parte de esta iniciativa se han definido una diversidad de lineamientos metodológicos que se pretende llevar a la práctica en 20 cantones piloto, representativos de cada una de las regiones del país.

En este contexto, se desarrollan por parte de la asociación entre IDOM y el Centro Para la Sostenibilidad Urbana (CPSU) los servicios de "Consultoría para la integración efectiva de estrategias de adaptación al cambio climático en procesos de planificación municipal en los cantones de Cañas, Nicoya, La Cruz, Upala y Los Chiles (NAP Costa Rica Región Chorotega y Huetar Norte)".

El presente documento recoge el segundo de los productos asociados a este apoyo técnico, a saber, el Informe de Diagnóstico dirigido a evaluar tanto las necesidades de adaptación al cambio climático como las oportunidades para la integración de medidas de adaptación en la planificación y gestión del desarrollo en el cantón de La Cruz. Esto se llevará a cabo completando un perfil local, un perfil climático y finalmente un ejercicio de identificación de lineamientos estratégicos, que servirán de base para las siguientes etapas del proceso de construcción participativa del Plan de Acción para la Adaptación Climática de La Cruz (PAAC).

Desde el punto de vista geológico, este cantón se encuentra compuesto por materiales de los períodos Cretácico, Terciario y Cuaternario, siendo las rocas volcánicas de este último período las predominantes.

Presenta cuatro unidades geomórficas según su origen (Ministerio de Ambiente y Energía, 2021a):

- **Volcánico:** se encuentra dividida por tres subunidades, Meseta Santa Rosa, Planicie Ondulada y Sierra Volcánica de Guanacaste.
- **Estructural:** se divide en Pliegues de la formación Brito, Anticlinal Las Marías, Anticlinal de Descarte, Sinclinal de Cuajiniquil y Monoclinal de Murciélago.
- **Denudación en rocas ígneas:** esta unidad se compone por las subunidades de Serranías y Valles Profundos en la Península de Santa Elena, Relicto volcánico de El Hacha y, Laderas muy empinadas y escarpes de erosión del frente de la Meseta de Santa Rosa.
- **Sedimentación aluvial:** se divide en Conos Coluvio Aluvial con influencia marina, Planicie Aluvial con influencia del Lago de Nicaragua y Conos Coluvio Aluviales.

3.1.2 Hidrología

El sistema fluvial del cantón se ubica en las vertientes del Caribe y del Pacífico. La primera corresponde a la subvertiente Norte, que pertenece a la cuenca del río Zapote. Esta área es drenada por los ríos Sapoá, Sábalo, Cañita, Mena, Orosí, Sardina, Cañas y Las Haciendas. En la vertiente del Pacífico, corresponden las cuencas de los ríos de la Costa Norte y del río Tempisque. Se encuentran también los cursos de agua Salinas, Cuajiniquil, Murciélago y Potrero Grande.

3.1.3 Áreas de especial protección

En el cantón de La Cruz existen zonas que presentan algún tipo de régimen de protección especial (Ministerio de Ambiente y Energía, 2021a; Ministerio de Ambiente y Energía, 2021d). Estas se diferencian en humedales y Áreas Silvestres Protegidas.

▪ **Humedales (SINAC):**

En el cantón hay un total de 3,2 km² que pertenecen a humedales, lo que supone alrededor de un 0,23% de su superficie total, distribuidos por los cuatro distritos. Estos humedales son de tipo lacustre (laguna), estuarino (manglar) y palustre (pantano herbáceo). Algunos de ellos se encuentran dentro de Áreas Silvestres Protegidas (ASP), como la Laguna Aguabuena, La Gemela o la Laguna Jicaral.

▪ **Áreas Silvestres Protegidas:**

Casi el 52% de la superficie del cantón corresponde a Áreas Silvestres Protegidas (ASP), lo que corresponde con 719,45 km². Estas áreas son los Parques Nacionales Santa Rosa

En ese año, el 62,6% de la población se localizaba en zonas rurales. Cabe indicar que los distritos de La Cruz y Santa Elena son los que tienen un equilibrio más claro entre población urbana y población rural, mientras que en el resto predomina la rural. Atendiendo a los datos de densidad de población que también arroja el Instituto Nacional de Estadística y Censos (INEC), la densidad en el año 2011 se situaba en los 13,9 hab/km², siendo el distrito que presenta un valor mayor La Cruz con 26,6 hab/km². Esto supone que casi el 90% de la población del cantón, que es de mayoría rural, vive en el 79,3% del territorio.

Tabla 1. Población distribuida por zona y sexo

Distritos	Zona urbana			Zona rural		
	Mujeres	Hombres	Total	Mujeres	Hombres	Total
<i>La Cruz</i>	2.573	2.248	4.821	2.253	2.121	4.374
<i>Santa Cecilia</i>	379	360	739	2.718	2.801	5.519
<i>La Garita</i>	282	279	561	539	588	1.127
<i>Santa Elena</i>	494	510	1.004	503	533	1.036
Total	3.728	3.397	7.125	6.013	6.043	12.056

Fuente: INEC (2011).

Es importante considerar el carácter fronterizo de este cantón y que este cuenta con el principal puesto fronterizo del país con Nicaragua. En los últimos años, como consecuencia de la finalización del conflicto armado que afectó a Nicaragua hasta principio de los noventa, en este espacio transfronterizo se ha forjado un circuito económico relacionado con actividades de agricultura de exportación y el turismo. Estas condiciones hacen que presente una alta presencia de población móvil y migrante. El cantón de La Cruz cuenta con un 20,5% (casi la mitad mujeres) de población nacida en el país vecino según cifras del año 2000 (Morales, Acuña, & Wing-Ching, 2009), lo que le sitúa en segundo lugar a nivel estatal, por detrás de Los Chiles.

3.2.2 Actividades productivas

Las actividades productivas se estructuran en tres sectores: primario, secundario y terciario. En el cantón de La Cruz predomina el sector terciario con un 53,5% de las empresas dedicadas a este, seguido del sector primario con un 37% y el secundario en último lugar con un 9,5%.

Según los datos del Censo Agropecuario (INEC, 2014) la principal actividad es la agrícola, con el 56% del total de las empresas, respecto del sector primario. La actividad pecuaria presenta el 35% y otras actividades como el turismo rural o la protección de los bosques naturales, el 9%.

- **Sector primario:** en relación con las actividades agrícolas, el cultivo de naranja es el predominante con un 47% de la superficie del cantón dedicado a tal fin, seguido del cultivo de teca (21%), y menor proporción los cultivos de frijol, maíz, arroz o tiquisque. En cuanto a las actividades pecuarias, predomina el ganado vacuno para

la producción de leche y de carne. Cabe señalar el sector pesquero en el cantón, caracterizado por la pesca con flotilla artesanal, empleando técnicas de trasmallo, línea y buceo a baja profundidad (Ministerio de Ambiente y Energía, 2021a).

- **Sector secundario:** este sector, con menor peso en el cantón, se encuentra especialmente representado en la zona de Cuajiniquil de Santa Elena y en Inocentes en La Garita.
- **Sector terciario:** estas empresas se localizan principalmente en el distrito de La Cruz, que se corresponde con la zona más urbana del cantón.

Como se ha comentado, el **sector terciario**, en el que se aglutinan actividades como el comercio, la hostelería, el transporte, las actividades inmobiliarias o la enseñanza; se encuentra ampliamente representado en este territorio. Esto se puede ver también en el número de personas que son empleadas por cada tipo de actividad:

Tabla 2. Población activa por tipo de actividad

Actividad	Trabajadores
Sector primario	1.006
Sector secundario	399
Sector terciario	2.553
Total	3.958

Fuente: IDOM-CPSU con información de la Caja Costarricense de Seguro Social (CCSS, 2019).

3.2.3 Usos del suelo

Según la información analizada de la Agencia Espacial Europea bajo la *Climate Change Initiative* (CCI), en los últimos veinte años la cubierta del suelo se ha visto alterada, como se ve en la Tabla 3. Cambios en el uso del suelo. El cantón ha experimentado un retroceso en la superficie dedicada a cultivos y que ha sido cubierta por vegetación natural y semi-natural. La huella urbana ha aumentado en una pequeña proporción al igual que el suelo desnudo. La Figura 3 muestra el mapa de usos del suelo en 2020.

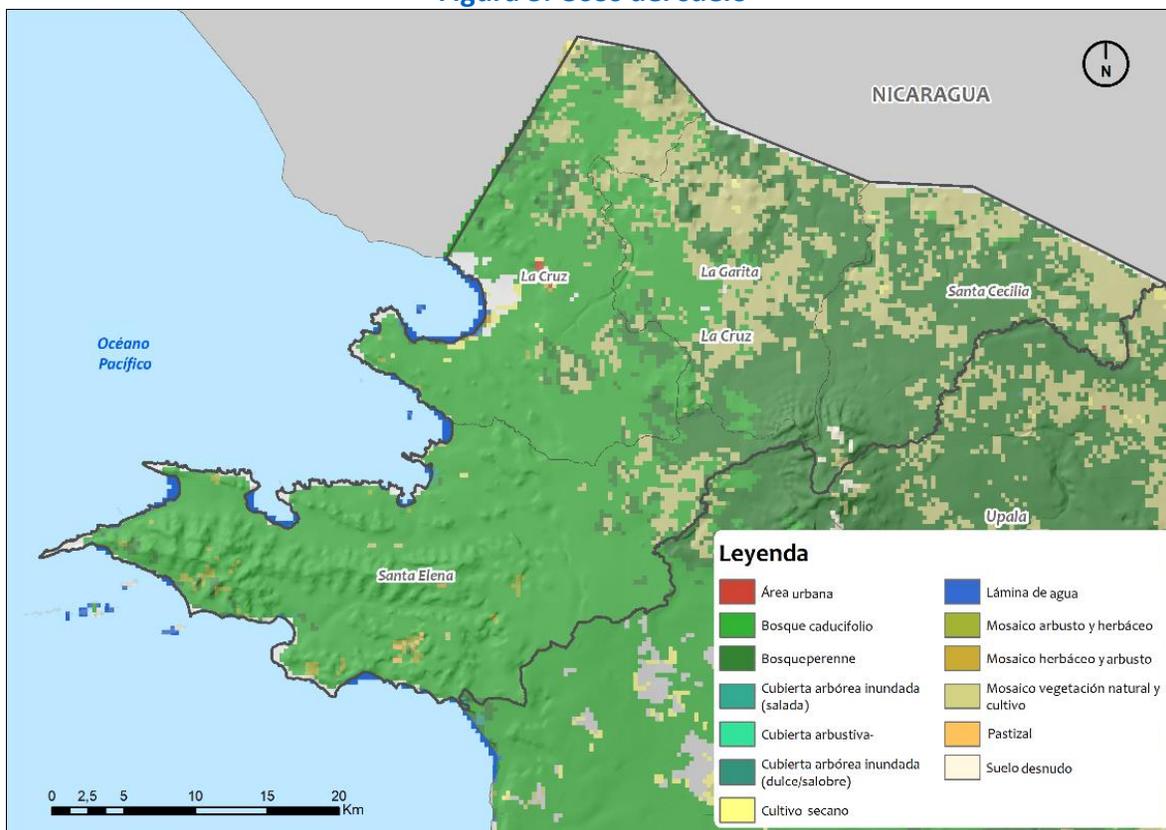
Tabla 3. Cambios en el uso del suelo

Cobertura	2000 (%)	2020 (%)	Tasa de cambio (%)
Cultivos	28,70	18,17	-10,53
Vegetación natural y semi-natural terrestre	68,92	79,51	10,59
Herbazal	0,06	0,06	0
Vegetación natural y semi-natural acuática	0,16	0,06	-0,1
Áreas urbanas	0,04	0,05	0,01
Suelo desnudo	0,21	0,22	0,01
Láminas de agua	0,21	0,21	0

Cobertura	2000 (%)	2020 (%)	Tasa de cambio (%)
Total	100	100	-

Fuente: IDOM-CPSU a partir de los datos de European Space Agency (ESA)¹ (2020).

Figura 3. Usos del suelo



Fuente: IDOM-CPSU a partir de los datos de European Space Agency (2020).

3.3 Planificación territorial y sectorial

El cantón de La Cruz cuenta con instrumentos específicos en materia de planificación a nivel regional, territorial y sectorial, y algunos de sus ejes u objetivos intersecan con las cuestiones de cambio climático y resiliencia del cantón. Cabe señalar que este cantón cuenta con Planes Reguladores parciales pero no con uno que abarque todo el territorio en un mismo Plan, por lo que sería una oportunidad integrar en este, una vez se formule, las consideraciones de adaptación al cambio climático. Se encuentran vigentes los siguientes:

- **Plan de Desarrollo Región Chorotega 2030 (2014)**

Constituye un instrumento articulador de las políticas nacionales con el nivel local, que nace del fruto de un proceso participativo durante el que se identificaron las problemáticas y potencialidades de la región. Los problemas señalados se relacionan con la pobreza, el

¹ Disponible en: <https://cds.climate.copernicus.eu/cdsapp#!/dataset/satellite-land-cover?tab=overview>

desempleo, la planificación urbana, la conectividad, el uso ineficiente de los recursos y el ordenamiento territorial.

El objetivo general es promover el desarrollo integral de la región de forma sostenible, a partir del adecuado aprovechamiento de sus vocaciones territoriales y dando especial atención a los sectores más desfavorecidos. Este Plan se estructura en 6 dimensiones, cada una de ellas con un objetivo específico. Estas son:

- Producción, productividad y competitividad
- Pobreza, exclusión e inseguridad
- Accesibilidad y conectividad
- Agua y suelo
- Salud y educación
- Fortalecimiento institucional y territorial

- **Plan Anual Operativo (2019)**

Este Plan recoge el marco general de gestión del cantón, compuesto por la misión, visión y las políticas institucionales, así como la estructura organizacional o recursos humanos con los que cuenta la Municipalidad de La Cruz. La visión que propone es “ser una institución con autonomía financiera y promover el bienestar socioeconómico, cultural y ambiental de sus habitantes, apoyándose en el recurso humano capacitado con la utilización de las mejores técnicas y tecnologías disponibles”.

Esta gestión se estructura en distintas áreas estratégicas sobre las que se definen objetivos, metas y asignación presupuestaria asociada a estas metas. Las áreas son:

- Desarrollo económico local
- Infraestructura vial
- Desarrollo institucional municipal
- Equipamiento cantonal
- Medio ambiente
- Ordenamiento territorial y gestión de riesgo
- Política social local

Los ejes de medio ambiente y ordenamiento territorial tienen un enfoque de sostenibilidad y gestión del riesgo que van ligados al aumento de la resiliencia del cantón, aspecto positivo frente al cambio climático y la aplicación de medidas de adaptación.

- **Plan Cantonal de Desarrollo Humano Local 2017-2026 (2016)**

Este Plan es el resultado de un proceso participativo con una proyección de 9 años que propone la visión de un cantón “con un ambiente ciudadano con calidad de vida, promotor del desarrollo humano local ambiental sostenible, con una producción diversificada en manos de organizaciones, desde un desarrollo amigable con el ambiente, con pleno acceso

a servicios óptimos, incentivando el desarrollo económico de su ciudadanía, con diferentes espacios recreativos y culturales con líderes y lideresas comunitarias comprometidas/os éticamente con el desarrollo cantonal y comprometidas/os en la protección y preservación de sus recursos hídricos, marítimos y naturales para las generaciones presentes y futuras.

Define una batería de objetivos estratégicos englobados en áreas que son las que vertebran todo el Plan. Estos objetivos son:

- Desarrollo Económico Sostenible: potenciar el desarrollo económico sostenible y en armonía con la biodiversidad del cantón, por medio de la diversificación productiva e incluyendo nuevas y novedosas oportunidades de empleo para la ciudadanía.
- Desarrollo Sociocultural: promover un desarrollo sociocultural integral de rescate de la identidad cultural, de los valores y para el mejoramiento de la calidad de vida de los y las habitantes del cantón.
- Seguridad humana: optimizar la atención y prevención de situaciones de riesgo de la seguridad ciudadana.
- Educación: fortalecer la oferta educativa a partir de la infraestructura, equipamiento y programas especializados acordes con la realidad y sostenibilidad del cantón.
- Salud: mejorar la promoción, cobertura y calidad de la salud del cantón.
- Servicios públicos: optimizar la distribución y puesta en operación de los recursos institucionales que favorezcan la satisfacción de las necesidades básicas de la población.
- Gestión ambiental y ordenamiento territorial: impulsar un ambiente sano y en armonía con la naturaleza desde acciones integrales comunales y locales para la sostenibilidad ambiental y por medio de un ordenamiento territorial garante del respeto de la gestión ambiental.
- Infraestructura: optimizar la regulación del desarrollo urbano y rural del cantón para una modernización sostenible y embellecimiento de la infraestructura cantonal.
- Participación ciudadana y democracia local: promover el acceso a los recursos y el ejercicio pleno de los derechos humanos de las personas en su diversidad, diferencias y multiculturalidad del cantón.

Los objetivos desarrollados para el eje de gestión ambiental van en línea con el reforzamiento del territorio a través de la conservación de los recursos o la educación ambiental, entre otros. De este modo, se contribuye de forma activa a la capacidad adaptativa del cantón frente a los retos que se presenten derivados del cambio climático.

- **Plan Cantonal de Emergencias (2021)**

El Plan contiene el funcionamiento administrativo, operativo y logístico del Comité Local de Emergencias de La Cruz en lo referido a su sistema de preparación y respuesta.

Resulta fundamental, especialmente en términos de riesgos asociados al cambio climático, contar con un plan de emergencias donde se recojan los mecanismos de activación y protocolos del Comité.

Por último, a nivel sectorial:

- **Plan de Conservación, Desarrollo y Seguridad Vial Cantonal 2016-2020 (2016)**

Es un instrumento de planificación que establece la guía para la intervención municipal en cuestiones viales. Define el marco para la atención y mantenimiento de la infraestructura de la red vial cantonal, en aras de mejorar el desarrollo socioeconómico del cantón. Su visión es “aspiramos a ser una institución con autonomía financiera que nos permita promover el bienestar de los habitantes del cantón y su desarrollo socio-económico, apoyándose en recursos humanos capacitados y en la utilización de las mejores técnicas y tecnologías disponibles”.

Los objetivos estratégicos o metas que establece, en líneas generales, son:

- Actualizar la base cartográfica de la red vial.
- Mejorar la superficie de ruedo.
- Capacitar al personal de la Unidad Técnica de Gestión Vial.
- Reunirse con el departamento de Gestión Ambiental para brindar seguimiento de las áreas de conservación.
- Asignar labores de mantenimiento de caminos.

Aunque este plan no tiene un enfoque claro hacia la adaptación al cambio climático, una gestión más eficiente de la red vial deriva en un territorio mejor conectado y, por lo tanto, menos vulnerable al cambio climático.

3.4 Acciones climáticas en el cantón

Las acciones climáticas hacen referencia a aquellas políticas o medidas dirigidas a reducir los impactos del cambio climático sobre el territorio, aportando a este la resiliencia necesaria para sobreponerse. A nivel global, conforman el Objetivo de Desarrollo Sostenible (ODS) número 13, desde el que se insta a adoptar medidas urgentes para combatir los efectos del cambio climático. Conforme a esto y en relación con la situación tras la COVID-19, el Secretario General de Naciones Unidas ha propuesto seis medidas favorables para el clima² que los Gobiernos pueden adoptar al mismo tiempo que reconstruyen sus economías y sociedades. Estos son:

1. Transición verde a través de inversiones que aceleren la descarbonización de la economía.
2. Empleos verdes y crecimiento sostenible e inclusivo.

² Disponible en: <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/climate-change-2/>

3. Economía verde para que las sociedades sean más resilientes y justas.
4. Inversión en soluciones sostenibles, dejando de aportar subsidios a los combustibles fósiles.
5. Afrontar todos los riesgos climáticos.
6. Cooperación entre países.

El cantón de La Cruz ya ha definido algunas acciones climáticas, a tenor de lo incluido en los planes territoriales que se han analizado en el apartado anterior. En la siguiente tabla se recogen algunas de estas acciones:

Plan territorial/sectorial	Acción climática
Plan de Desarrollo Región Chorotega 2030	Mejorar el acceso de los productores regionales a los circuitos comerciales Mejora tecnológica para la producción y diversificación de la economía regional Universalización de las tecnologías de comunicación Desarrollo e implementación del programa regional de manejo integrado del recurso hídrico que incluye el mejoramiento de las aguas residuales, estudios hidrogeológicos, balances hídricos y huella hídrica Manejo integral de los desechos sólidos Mejora de la calidad de la educación Fortalecer las capacidades (humanas, técnicas, financieras y materiales) de instituciones públicas para el cumplimiento de su rol como facilitador del desarrollo económico
Plan Anual Operativo 2019	Promover la adecuada gestión ambiental y de residuos Desarrollar estrategias para combatir la pobreza y la integración de grupos vulnerables Garantizar el adecuado desarrollo de la Zona Marítimo Terrestre del cantón en relación con el ordenamiento territorial y la gestión del riesgo Impulsar el desarrollo de infraestructura vial
Plan Cantonal de Desarrollo Humano Local 2017-2026	Potenciar el desarrollo económico sostenible en armonía con la biodiversidad y promoviendo la igualdad entre hombres y mujeres Promover acciones para la prevención del riesgo socio ambiental de los habitantes con su entorno natural y fortalecer la infraestructura Promover acciones para la prevención del riesgo socio ambiental de los habitantes con su entorno natural y fortalecer la infraestructura Mejora de los servicios públicos, como la captación y tratamiento de agua potable Impulsar acciones integrales comunales y locales para la sostenibilidad ambiental por medio de un ordenamiento territorial coherente Implementar estrategias de protección y uso de los recursos naturales

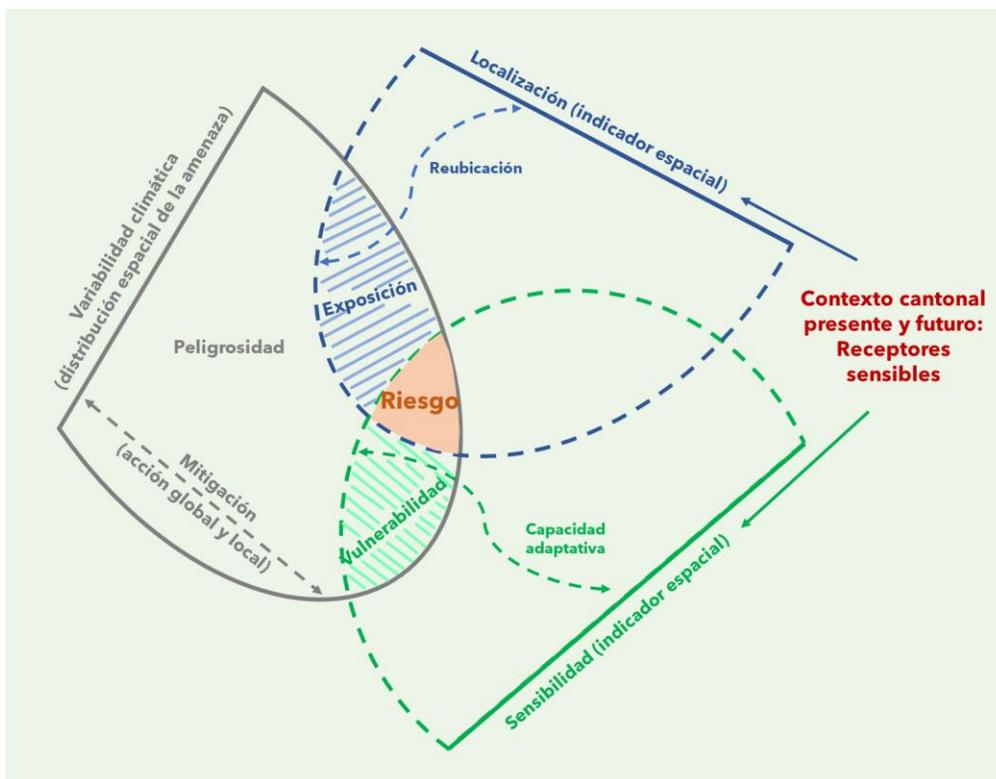
Plan territorial/sectorial	Acción climática
	Optimizar la regulación del desarrollo urbano y local para una modernización sostenible de la infraestructura cantonal
Plan Cantonal de Emergencias	Establecer procedimientos y mecanismos de respuesta ante situaciones de emergencia por evento súbito o por alerta
Plan de Conservación, Desarrollo y Seguridad Vial Cantonal 2016-2020	Mejora de la infraestructura

Estas son un punto de partida desde el que comenzar una estrategia de mitigación y adaptación transversal a todos los ámbitos de la sociedad, para lograr un cantón adaptado en el que tanto el medio natural como el socioeconómico no se vean resentidos por el cambio climático.

4 Perfil climático

Este análisis se apoya en la caracterización de los tres elementos que componen el riesgo climático, según estableció el Grupo Intergubernamental de Expertos en Cambio Climático de Naciones Unidas (IPCC) en su Quinto Informe de Evaluación (IPCC, 2014). La Figura 4, basada en esta referencia, conceptualiza los conceptos a utilizar.

Figura 4. Conceptualización del riesgo climático



Fuente: IDOM-CPSU (2021).

La existencia de un riesgo climático viene dada por la coincidencia en el espacio/tiempo de tres elementos: (1) exposición y (2) vulnerabilidad para un determinado (3) peligro o amenaza sujeta a un desencadenante climático. La magnitud del riesgo va a depender de la caracterización de estos tres factores. Es claro de partida que elevados niveles de amenaza, exposición y vulnerabilidad implican alto riesgo.

La amenaza necesariamente obedece a un desencadenante climático y se caracteriza por su peligrosidad (recurrencia y severidad de los eventos). Un ejemplo de amenaza corresponde a los periodos de sequía, para los cuales se tiene un registro histórico de ocurrencia y se puede estimar su incidencia futura, bajo diversos escenarios de cambio climático. El grado de variabilidad climática condiciona el nivel de amenaza a considerar para periodos futuros.

La exposición por su parte corresponde con la localización de un posible elemento del contexto socioeconómico y natural del territorio (receptor sensible) en el ámbito de afección de la amenaza considerada. Sin exposición, no hay riesgo.

El tercero y último de los elementos que caracterizan el riesgo climático es la vulnerabilidad. Este factor da una medida del potencial impacto asociado a una amenaza determinada sobre un receptor concreto (sensibilidad), así como a su capacidad de asimilar o recuperarse de los potenciales impactos (capacidad adaptativa).

El análisis deberá estar basado por tanto en la determinación de la exposición y vulnerabilidad de diferentes receptores sensibles frente a las amenazas con mayor potencial de impactar al desarrollo sostenible en el cantón, en el momento actual y en el futuro, a partir de las proyecciones realizadas bajo diferentes escenarios climáticos. Este trabajo se ha realizado por medio de indicadores espaciales, construidos exclusivamente con base en la información de partida previamente levantada y operados con un Sistema de Información Geográfica (GIS).

4.1 Clima histórico y registro de desastres asociados al clima

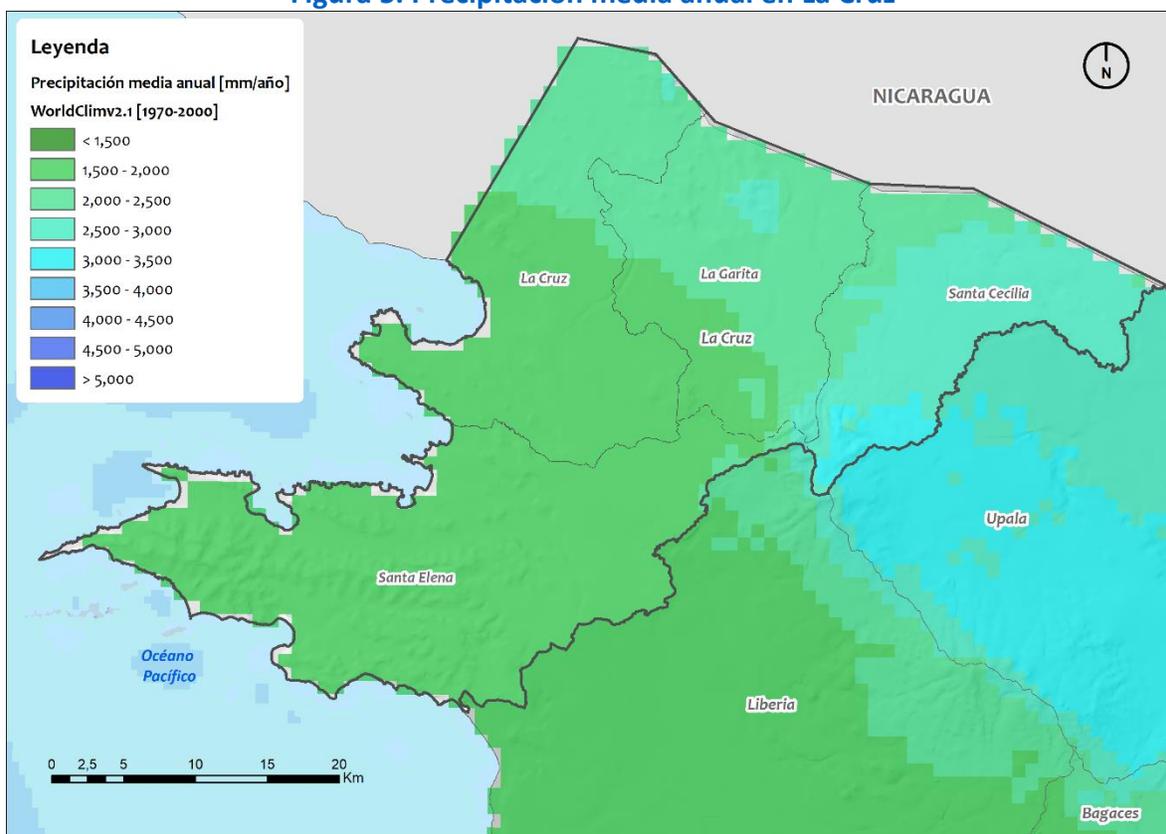
El clima en el cantón de La Cruz, incluido en la región climática Pacífico Norte, va de tropical seco a seco, con un período seco que abarca de diciembre a marzo, y uno lluvioso de mayo a octubre (IMN, 2021).

En la elaboración de este apartado se ha utilizado tanto información de estaciones meteorológicas del Instituto Meteorológico Nacional (IMN), así como mapas de las principales variables climáticas (precipitación, temperatura máxima y temperatura mínima) de la iniciativa WorldClim, para poder analizar su distribución y variabilidad espacial. WorldClim es una base de datos de datos meteorológicos y climáticos globales de alta resolución espacial (1km), disponible libremente (<https://www.worldclim.org/data/index.html>), y cuya versión 2 cuenta con datos mensuales para el periodo histórico 1970-2000.

4.1.1 Precipitación

La precipitación media registrada en La Cruz es de 2.016,5 mm/año, con máximas hacia el noreste en el distrito de Santa Cecilia (3.235 mm) y mínimas en los distritos del sur, Santa Elena (1.526 mm).

Figura 5. Precipitación media anual en La Cruz

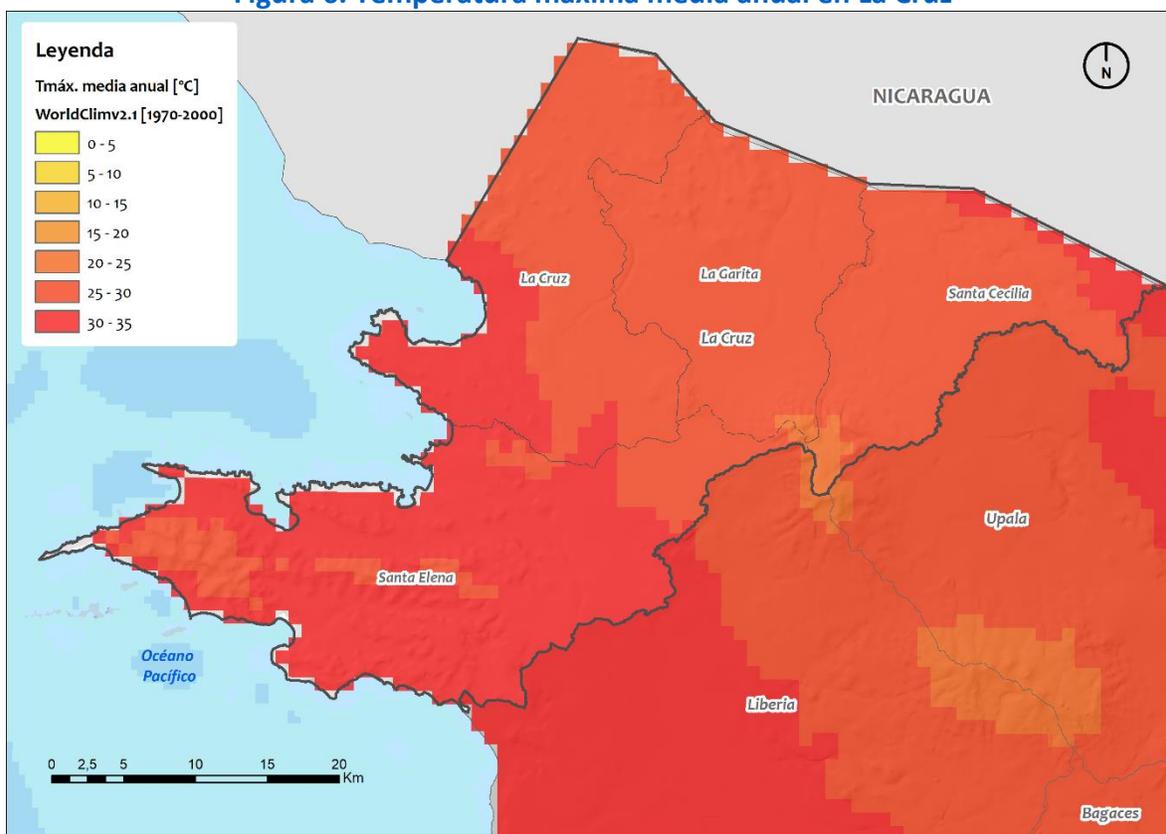


Fuente: IDOM-CPSU a partir de los datos de WorldClim (2021).

4.1.2 Temperatura

Los valores máximos de T^a se dan en el sur del cantón, en Santa Elena, donde se alcanzan los 31,7°C, siendo la T^a máxima media de 29,6°C en La Cruz.

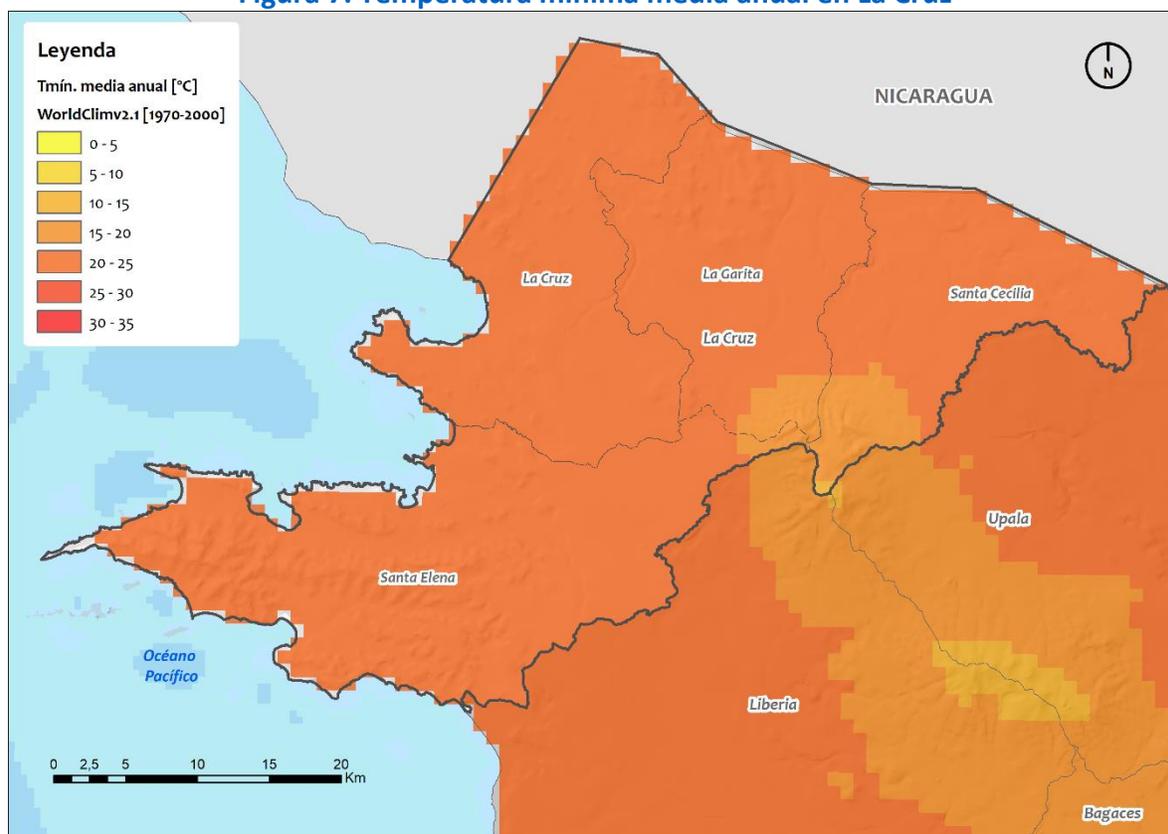
Figura 6. Temperatura máxima media anual en La Cruz



Fuente: IDOM-CPSU a partir de los datos de WorldClim (2021).

La Tª mínima media en La Cruz es de 21,7°C, localizándose las mínimas al sur de los distritos de Santa Cecilia y La Garita, con mínimas entorno a los 10°C.

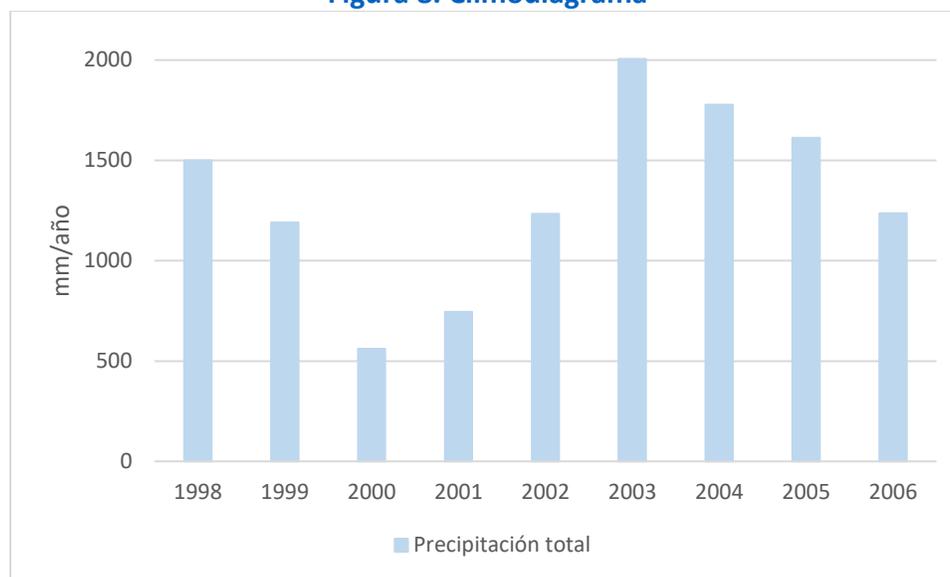
Figura 7. Temperatura mínima media anual en La Cruz



Fuente: IDOM-CPSU a partir de los datos de WorldClim (2021).

Con base en los datos del Instituto Meteorológico Nacional (IMN), para la estación de Peñas Blancas, que es la más cercana al cantón, se completa el siguiente perfil pluviométrico (Figura 8. Climodiagrama), que recoge el cómputo anual de las precipitaciones anuales para el periodo 1998-2006.

Figura 8. Climodiagrama



Fuente: IDOM-CPSU a partir de los datos del IMN (2019).

4.1.3 Eventos asociados al clima

Diversos eventos asociados al clima han sucedido en el cantón de La Cruz a lo largo de la historia, y han tenido impactos en términos socioeconómicos. El Ministerio de Planificación Nacional y Política Económica (MIDEPLAN) cuenta con información sobre estos desde el año 1988 (Mideplan, 2019), y en el caso de este cantón son los siguientes:

Tabla 4. Eventos asociados al clima (1988-2019)

Nº	Evento	Tipo de evento	Año	Duración	Distrito
1	Depresión tropical 12	Lluvias intensas	Nov 1994	7 días	-
2	Fenómenos hidrometeorológicos y conexos para el período lluvioso de 1995	Lluvias intensas	Oct 1995	11 días	La Cruz
3	Tormenta tropical Lili	Lluvias intensas	Oct 1996	3 días	La Cruz, Santa Cecilia, Garita y Santa Elena
4	ENOS	Sequía	1997-1998	366 días	-
5	Huracán Mitch	Lluvias intensas	Oct 1998	8 días	La Cruz
6	Fenómenos hidrometeorológicos	Lluvias intensas	Ag-Oct 1999	55 días	La Cruz y Santa Elena

Nº	Evento	Tipo de evento	Año	Duración	Distrito
7	Huracán Michelle	Lluvias intensas	Oct 2001	10 días	La Cruz, Santa Cecilia, Garita y Santa Elena
8	Onda tropical e influencia indirecta de los huracanes Rita y Vilma	Lluvias intensas	Sept 2005	40 días	-
9	Temporal y paso de una onda tropical en el Pacífico Central, Norte, Sur y Cordillera de Guanacaste	Lluvias intensas	Oct 2007	12 días	La Cruz, Santa Cecilia, Garita y Santa Elena
10	Tormenta tropical Gustav y Hanna	Lluvias intensas	Ag 2008	10 días	-
11	Depresión tropical Nº 16	Lluvias intensas	Oct 2008	4 días	-
12	El Niño 2009-2010	Sequía	Jun 2009	304 días	-
13	Huracán Tomas	Lluvias intensas	Nov 2010	6 días	-
14	El Niño 2014	Sequía	Abr 2014	395 días	La Cruz, Santa Cecilia y Santa Elena
15	Huracán Otto	Lluvias intensas	Nov 2016	12 días	La Cruz, Santa Cecilia, Garita y Santa Elena
16	Tormenta tropical Nate	Lluvias intensas	Oct 2017	5 días	La Cruz, Santa Cecilia, Garita y Santa Elena

Fuente: IDOM-CPSU a partir de MIDEPLAN (2019).

Los detalles en relación con la cuantificación y alcance de sus impactos se encuentran en el apartado 4.5 del presente documento.

4.2 Proyecciones climáticas

A continuación, se presentan los escenarios de cambio climático a través del análisis regionalizado de Modelos de Circulación General (GCM por sus siglas en inglés), que

permiten simular la respuesta del sistema climático global a los aumentos en los gases de efecto invernadero (IPCC, 2014).

Para más información sobre las proyecciones de Costa Rica y las utilizadas en el presente informe acudir al Anexo 2. Proyecciones climáticas en Costa Rica. En los siguientes apartados se presentan los resultados obtenidos.

4.2.1 Precipitación

La precipitación media anual muestra una tendencia variable. En la Tabla 5 se aprecia como para el escenario RCP 4.5 hay un descenso de la precipitación en ambos horizontes temporales con respecto al periodo histórico (1975-2005), siendo este un descenso continuado a lo largo del tiempo y llegando hasta el 3,59%.

Sin embargo, el escenario RCP 8.5 muestra una tendencia dispar. Para el horizonte temporal cercano (2030) hay un aumento de un 2,55% de la precipitación media anual, sin embargo, la tendencia se revierte en el futuro lejano con una disminución de la variable cercana al 2%. Del mismo modo, la anomalía también aumenta con relación al escenario climático RCP 4.5 y RCP 8.5.

Tabla 5. Proyecciones climáticas de precipitación en La Cruz

Índice	Escenario climático	Periodo temporal	Valor medio	Desviación	Valor mínimo	Valor máximo
Cambio en la precipitación media anual (%)	RCP4.5	2030	-0,80 %	0,11 %	-0,94 %	-0,67 %
		2060	-3,59 %	0,18 %	-3,84 %	-3,43 %
	RCP8.5	2030	2,55 %	0,51 %	2,04 %	3,25 %
		2060	-2,13 %	0,32 %	-2,40 %	-1,68 %

Fuente: IDOM-CPSU (2021)

4.2.2 Temperatura

En cuanto a la temperatura, se analizan la temperatura máxima y mínima media anual.

Por un lado, en la Tabla 6 se aprecia como la temperatura máxima sufre un aumento progresivo en los diferentes periodos temporales (2030 y 2060). Para el RCP 4.5 aumenta más de 1,5°C en el periodo temporal más lejano y para el escenario de emisiones RCP 8,5 llega a superar los 2 grados de temperatura de incremento en el horizonte temporal asociado al 2060.

Tabla 6. Proyecciones climáticas de temperatura máxima en La Cruz

Índice	Escenario climático	Periodo temporal	Valor medio	Desviación	Valor mínimo	Valor máximo
Cambio en la temperatura máxima (°C)	RCP4.5	2030	0,97 °C	0,01 °C	0,96 °C	0,98 °C
		2060	1,64 °C	0,01 °C	1,62 °C	1,65 °C
	RCP8.5	2030	1,09 °C	0,01 °C	1,08 °C	1,10 °C
		2060	2,32 °C	0,01 °C	2,31 °C	2,33 °C

Fuente: IDOM-CPSU (2021)

Por otro lado, la temperatura mínima sigue un patrón muy similar al anterior (Tabla 7). Para el escenario de emisiones RCP 4.5 hay un aumento de casi aproximadamente un grado y medio de temperatura en el horizonte lejano. De nuevo, en el escenario de emisiones RCP 8.5 el aumento de la temperatura mínima llega hasta los 2,28°C en el mismo período.

Tabla 7. Proyecciones climáticas de temperatura mínima en La Cruz

Índice	Escenario climático	Periodo temporal	Valor medio	Desviación	Valor mínimo	Valor máximo
Cambio en la temperatura mínima (°C)	RCP4.5	2030	0,88 °C	0,00 °C	0,88 °C	0,89 °C
		2060	1,51 °C	0,00 °C	1,50 °C	1,51 °C
	RCP8.5	2030	1,09 °C	0,01 °C	1,09 °C	1,10 °C
		2060	2,28 °C	0,01 °C	2,26 °C	2,29 °C

Fuente: IDOM-CPSU (2021)

4.3 Amenazas a considerar

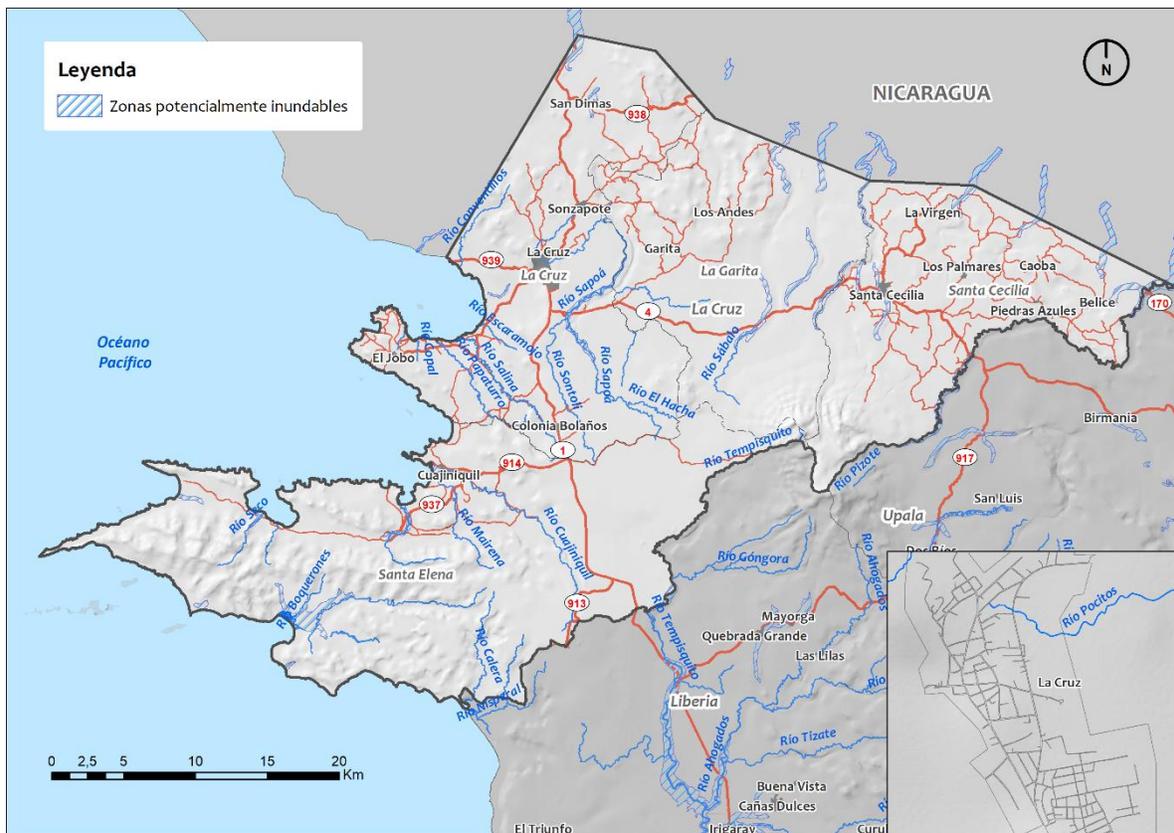
A continuación, se definieron las amenazas a considerar en el análisis. Esta selección se sustentó mediante los siguientes criterios:

- Los resultados obtenidos en el análisis del clima histórico.
- Los eventos o desastres asociados al clima registrados a lo largo del tiempo.
- La información disponible para caracterizar las amenazas.

Finalmente, se definieron 4 amenazas a evaluar en el cantón de La Cruz, que son: inundaciones, deslizamientos, sequías, olas de calor.

No se ha considerado el aumento del nivel del mar puesto que se estima que en el Pacífico va a descender (Nicholls & Cazenave, 2010).

Figura 9. Mapa de amenazas hidrometeorológicas



Fuente: IDOM-CPSU (2021) a partir de la información de la CNE (2006).

4.3.1 Inundaciones

En general, las inundaciones se producen cuando se ha reducido la capacidad de la sección hidráulica de ríos y quebradas, debido a la ocupación de las planicies de inundación como consecuencia del desarrollo urbano desordenado, así como por la presencia de desechos sólidos en los cauces.

Como se ha comentado, la red fluvial del cantón se compone principalmente por los ríos Cuajiniquíl, Haciendas, Sábalo, Mena, Sapoa o Salinas. El período de recurrencia de posibilidad de inundaciones de estos se ha visto disminuido debido a la explotación forestal de forma desordenada y al margen del cumplimiento de la legislación que regula el desarrollo forestal. Además, el vertido de residuos en los cauces contribuye a la reducción de la capacidad de la sección hidráulica, lo que provoca el desbordamiento de ríos y quebradas. Estos residuos proceden de las viviendas cercanas a los ríos del cantón.

Las zonas o barrios más afectados y con alto riesgo de inundaciones son Cuajiniquíl, Santa Cecilia y Verdun.

4.3.2 Deslizamientos

Las características topográficas y geológicas del cantón lo hacen vulnerable a los deslizamientos o movimientos en masa. Esta es la segunda amenaza que se analiza en este documento cuyo desencadenante son las lluvias intensas.

Pueden deberse a períodos de fuertes lluvias y su grado de incidencia dependerá de las pendientes o de actuaciones como cortes de caminos. En el caso de La Cruz, la zona hacia el sureste es donde se encuentran las pendientes más abruptas, por lo que la vulnerabilidad será mayor. Las zonas donde se han practicado cortes de caminos y rellenos poco compactos también suponen un incremento de la vulnerabilidad.

4.3.3 Sequías

Las sequías tienen su inicio en la ausencia prolongada de precipitaciones o en una variación en la frecuencia de su intensidad, que supone un déficit hídrico en el territorio, sumado a las altas temperaturas. De forma más contundente, afecta al normal desarrollo de las actividades del sector primario y a las áreas protegidas de este cantón, sin contar su afección a la calidad de vida de la población.

Las zonas que presentan mayor vulnerabilidad se localizan al este del cantón, desde Peñas Blancas hacia la costa Pacífica, pasando por Punta Descartes y la península de Santa Elena. Se considera que las poblaciones fronterizas y costeras, o la zona protectora del Parque Nacional Santa Rosa, son las que pueden verse afectadas con mayor intensidad (Retana & Calvo, 2017).

4.3.4 Olas de calor

Surgen durante períodos de altas temperaturas que derivan en situaciones de estrés térmico y que tienen impactos negativos tanto sobre la población como sobre el territorio.

En los puntos donde el suelo se encuentra sellado, como resultado de la artificialización del entorno, como ocurre en las zonas urbanas, el efecto isla de calor provocado por esta situación incrementa la exposición de la población a mayores temperaturas diarias y nocturnas, por lo que aumenta el riesgo sobre la salud (pudiendo sufrir mareos, por ejemplo). La tendencia global es el aumento de la urbanización, por lo que el grado de exposición se verá aumentado del mismo modo.

En los siguientes apartados se caracteriza la peligrosidad asociada a cada una de las amenazas, los potenciales impactos y los receptores sensibles que se han identificado.

4.4 Categorización de la peligrosidad

Con este apartado se completa la construcción de los mapas de peligrosidad bajo los diferentes escenarios de cambio climático para cada una de las cuatro amenazas identificadas (inundaciones, deslizamientos, sequías y olas de calor), que se encuentran asociadas a períodos de lluvias intensas, a déficit de lluvias y a altas temperaturas.

La amenaza es calculada en función de la evolución temporal de una serie de indicadores estadísticos seleccionados a partir de los definidos por el Panel de Expertos en Detección e Índices de Cambio Climático (ETCCDI por sus siglas en inglés) y divulgados a través de la iniciativa Climdex³, para representar sequías, lluvias intensas, heladas y altas temperaturas. La metodología y la categorización se detallan en el Anexo 1 de este documento.

4.4.1 Lluvias intensas

Los episodios de lluvias intensas conforman uno de los desencadenantes climáticos más recurrentes en este cantón, y tienen asociadas dos amenazas: las inundaciones y los deslizamientos.

Las lluvias intensas se analizan mediante el índice de número de días muy húmedos (R95p). Este índice es representativo para la caracterización de los potenciales impactos, en comparación con otros índices extremos disponibles, que puedan reflejar un valor de pluviometría global, de carácter diario, mensual o anual. El R95P representa el número de días muy húmedos, considerando como días húmedos aquellos en los que la precipitación es superior al percentil 95 de la serie de datos analizada (WMO, 2009).

En la Tabla 8 se aprecia el nivel de la amenaza correspondiente a los porcentajes de cambio previamente presentados. Como se observa, los porcentajes de cambio para el RCP4.5 aumentan menos de un 1% para el horizonte temporal 2030 y disminuyen para el 2060. Por otro lado, para el RCP8.5 hay un ligero aumento para ambos horizontes temporales, pero en ambos casos por debajo del 10%. Esto quiere decir que los episodios de lluvias intensas no aumentarán de forma significativa en ninguno de los escenarios climáticos y períodos temporales.

Como se observa en la Tabla 31, si el porcentaje de cambio del índice respecto al histórico es entre 0 y 10%, el nivel de amenaza es bajo lo que significa que el número de días con lluvias extremas por encima del percentil 95 del período analizado registra un aumento de hasta un 10% con respecto al número de eventos recogidos durante el período de referencia.

³ Disponible en: <https://www.climdex.org/>

Tabla 8. Porcentajes de cambio de la variable R95p

Índice	Escenario climático	Periodo temporal	Valor medio	Desviación	Valor mínimo	Valor máximo
Cambio en el R95p	RCP4.5	2030	0,19 %	0,34 %	-0,27 %	0,55 %
		2060	-1,33 %	0,23 %	-1,65 %	-1,11 %
	RCP8.5	2030	7,31 %	1,30 %	5,80 %	8,98 %
		2060	3,37 %	1,21 %	1,96 %	4,91 %

Fuente: IDOM-CPSU (2021)

4.4.1.1 Inundaciones

Las inundaciones es uno de los potenciales efectos asociados a los episodios de lluvias intensas que se pueden esperar del análisis descrito en la Tabla 5. El estudio de la amenaza de inundación en la zona ha consistido en la realización de dos análisis.

Por un lado, se ha considerado el mapa de la Comisión Nacional de Emergencias (CNE) del año 2006 donde se zonifica las zonas potencialmente inundables en el cantón.

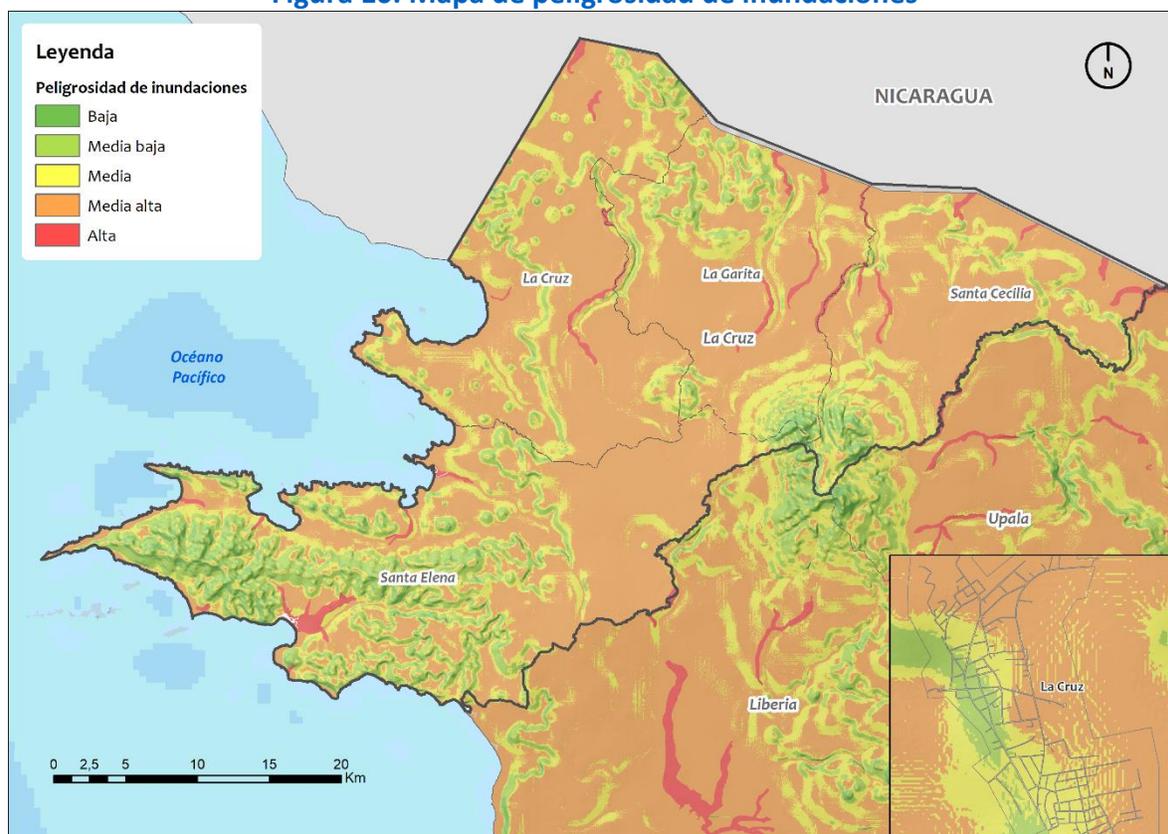
Por otro lado, se ha procedido a la generación de un mapa de peligrosidad, obtenido a partir del mapa de pendientes. Así, las zonas con pendientes más bajas y asociadas a valles y depresiones son las que presentan una mayor susceptibilidad a anegamientos o desbordamiento de los cauces.

Finalmente, se ha generado un mapa de peligrosidad por inundación a partir de la elaboración de un mapa de zonas potencialmente inundables de la CNE y un mapa de pendientes.

Peligrosidad actual a inundaciones

La Figura 11 muestra las zonas con mayor peligro de inundación, las cuales coinciden con las de mayor susceptibilidad. La zona urbana de La Cruz sigue la misma tendencia que el resto del territorio, donde predomina un nivel de peligrosidad medio alto.

Figura 10. Mapa de peligrosidad de inundaciones



Fuente: IDOM-CPSU (2021)

Peligrosidad futura a inundaciones

Para la obtención de los mapas de peligrosidad por inundación en los escenarios de cambio climático, se ha combinado el mapa de peligrosidad actual obtenido, con la categorización del cambio previsto en el índice de precipitaciones intensas R95P de la Tabla 8.

Así, se han generado los mapas de peligrosidad por inundación para los horizontes 2015-2045 y 2045-2075, tomando los escenarios de cambio climático RCP 4.5 y RCP 8.5.

En base a estos cruces, se ha procedido a obtener los mapas de peligrosidad por inundación en los escenarios RCP 4.5 y RCP 8.5 para los horizontes 2015-2045 y 2045-2075. En La Cruz, de acuerdo con los porcentajes de cambio definidos en la Tabla 8 y los rangos establecidos en la Tabla 34. Clasificación de los niveles de peligrosidad asociados a inundaciones, el incremento de la peligrosidad es bajo por lo que no hay una modificación con respecto a los mapas generados para la peligrosidad actual.

4.4.1.2 Deslizamientos

Los deslizamientos son eventos realmente difíciles de predecir, si bien se sabe que suelen estar condicionados por ciertos factores desencadenantes, que son aquellos que pueden generar el evento. Habitualmente se maneja el factor pluviométrico, en términos de lluvias extremas o prolongadas como principales factores desencadenantes en una zona específica.

Procede destacar que la generación de movimientos en masa en zonas urbanizadas está especialmente condicionada por los efectos de las actividades antrópicas tales como el corte de taludes para la instalación de carreteras, viviendas, etc., y puede tener consecuencias inesperadas especialmente cuando este tipo de invasión urbana del medio se produce de manera desordenada. Este aspecto complica la evaluación de esta amenaza natural por métodos estadísticos o probabilísticos, tal como se hace para otras amenazas.

Debido a esta especial incertidumbre, la amenaza natural representada por los movimientos en masa suele ser caracterizada en términos de susceptibilidad. Este concepto expresa la facilidad con que un fenómeno puede producirse dentro de un contexto físico, o del terreno, específico.

En consecuencia, el estudio de la amenaza actual en la zona ha consistido en la realización de dos análisis. Por un lado, se ha considerado el mapa de la Comisión Nacional de Emergencias (CNE) donde se zonifica las áreas potencialmente susceptibles a deslizamientos en el cantón.

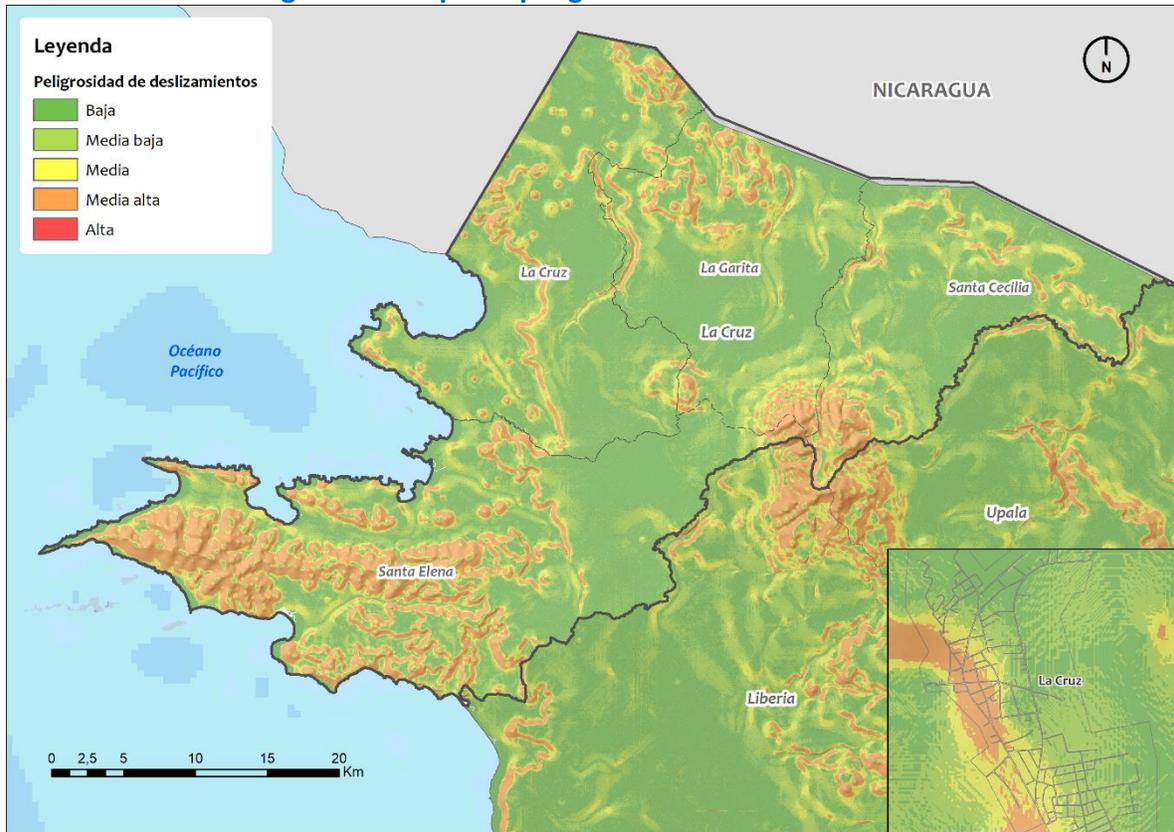
Actualmente no existe un mapa de susceptibilidad a deslizamientos en Costa Rica, por lo que, para el segundo análisis, se ha optado por una simplificación de la susceptibilidad a través de un mapa de pendientes. Así, las zonas con pendientes más altas y asociadas zonas escarpadas son las que presentan una mayor susceptibilidad a que el terreno sufra un deslizamiento.

Finalmente, se ha generado un mapa de peligrosidad por deslizamiento a partir de la elaboración de un mapa de zonas de ocurrencia potencial de deslizamientos de la CNE y un mapa de pendientes.

Peligrosidad actual a deslizamientos

El mapa de peligrosidad (Figura 11) refleja que las zonas urbanas de los distritos presentan una peligrosidad baja ante eventos de deslizamientos, especialmente en los distritos del norte del cantón.

Figura 11. Mapa de peligrosidad de deslizamientos



Fuente: IDOM-CPSU

Peligrosidad futura a deslizamientos

Para la obtención de los mapas de peligrosidad por deslizamientos bajo los escenarios de cambio climático, se ha combinado el mapa de peligrosidad actual obtenido, con la categorización del cambio previsto en el índice de precipitaciones intensas R95P de la Tabla 8.

Así, se han generado los mapas de peligrosidad por deslizamientos para los horizontes 2015-2045 y 2045-2075, tomando los escenarios de cambio climático RCP 4.5 y RCP 8.5.

En base a estos cruces, se ha procedido a obtener los mapas de peligrosidad por inundación en los escenarios RCP 4.5 y RCP 8.5 para los horizontes 2015-2045 y 2045-2075. En La Cruz, de acuerdo con los porcentajes de cambio definidos en la Tabla 8 y los rangos establecidos en la Tabla 34. Clasificación de los niveles de peligrosidad asociados a inundaciones, el incremento de la peligrosidad es bajo por lo que no hay una modificación de los mapas generados para la peligrosidad actual.

4.4.2 Déficit de lluvias

La sequía es una alteración dramática en el ciclo hidrológico del planeta (Bonsal, B. R. et al, 2011) y uno de los fenómenos climáticos más complejos para su estudio, que tiene lugar por una ausencia prolongada de las precipitaciones. Según Mishra y Singh (2010), los principales tipos de sequías son⁴:

- Sequía meteorológica: hace referencia a un déficit en la precipitación y es la causante de otros tipos de sequías.
- Sequía agrícola: corresponde con la escasez de agua para satisfacer las necesidades de un cultivo.
- Sequía hidrológica: consiste en una deficiencia en la disponibilidad de agua de superficie y/o subterránea. Se desarrolla de forma más lenta que las anteriores ya que existe un retraso entre la falta de lluvia y la reducción de agua en los recursos hídricos naturales (p.ej. arroyos, ríos, lagos, embalses, entre otros).
- Sequía socioeconómica: son las consecuencias sociales y económicas que tienen lugar como resultado de otro tipo de sequías.

En el presente estudio se hace referencia a la sequía meteorológica, como una amenaza caracterizada por períodos prolongados sin lluvias, o con volúmenes de precipitación muy bajos.

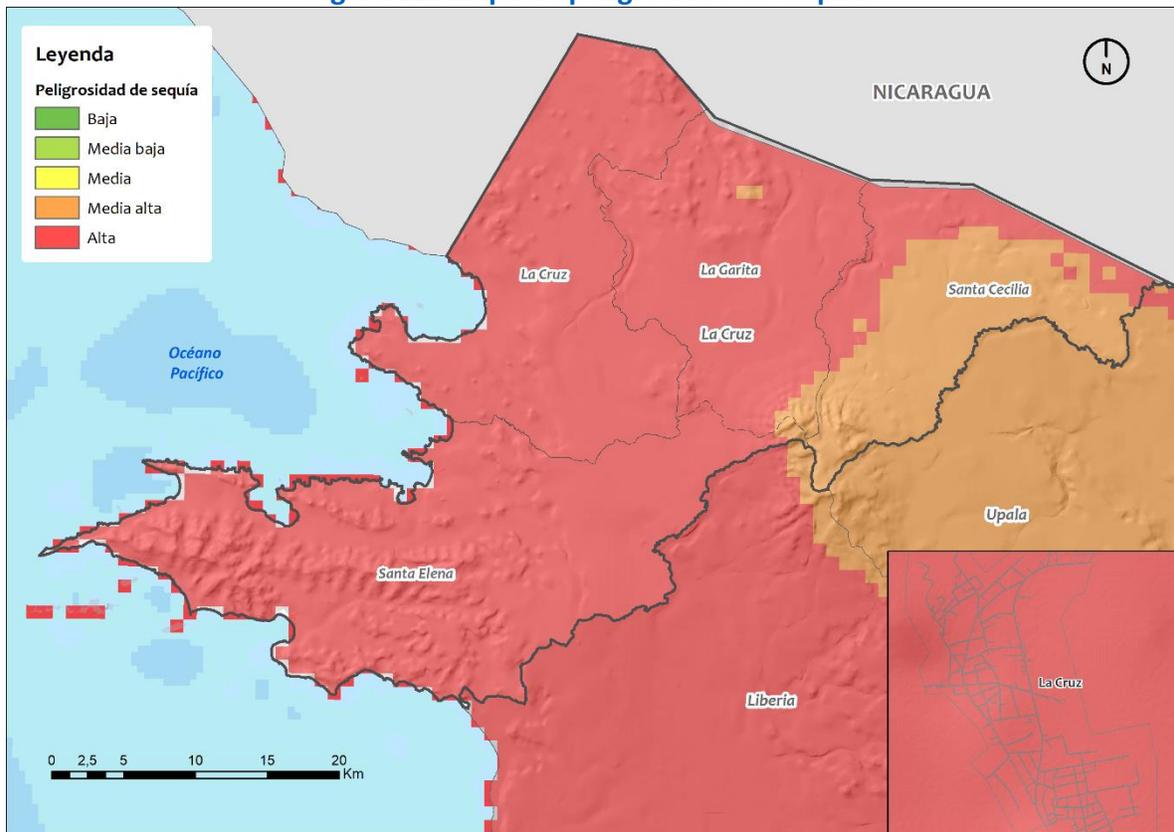
Peligrosidad actual a sequía

Para caracterizar la peligrosidad de sequías en el territorio se ha utilizado un índice de aridez global (Trabucco & Zomer, 2019), obtenido a partir de los datos WorldClim 2.0 (1970-2000). Este índice representa la relación entre la precipitación y la evapotranspiración potencial (que a su vez depende de la temperatura), es decir, la precipitación sobre la demanda de agua para la vegetación (agregada sobre una base anual).

El nivel de amenaza asociado a estos porcentajes de cambio se observa en la Figura 12 donde la mayor parte del cantón tiene un nivel de peligrosidad alto y en donde una zona fronteriza con el cantón de Upala tiene un nivel medio alto de peligrosidad. Este se sitúa en el distrito de Santa Cecilia.

⁴ (Mishra & Singh, 2010)

Figura 12. Mapa de peligrosidad de sequías



Fuente: IDOM-CPSU

Peligrosidad futura a sequía

Para la obtención de los mapas de peligrosidad por sequía bajo los escenarios de cambio climático, se ha combinado el mapa de peligrosidad actual obtenido, con la categorización del cambio previsto en el índice de días secos consecutivos (*Consecutive Dry Days, CDD*), que corresponde con el mayor número de días consecutivos en los cuales la cantidad de precipitación diaria es inferior a 1 mm (WMO, 2009). Este índice climático es una medida de la escasez de precipitaciones, con valores altos que corresponden a largos períodos de escasez de precipitaciones y a condiciones potencialmente favorables a la sequía. Un aumento de este índice con el tiempo significa que la probabilidad de condiciones de sequía aumentará.

En la Tabla 9 se presenta el porcentaje de cambio del indicador CDD bajo los dos escenarios RCP y los horizontes temporales considerados en este análisis. En general, el porcentaje de cambio del índice de los valores medios es menor al 5% en todos los escenarios y horizontes temporales, por lo que existe un ligero aumento en el número de días secos consecutivos con respecto al período de referencia. En el caso de los valores máximos, solo en el período temporal más alejado (2060) y en el escenario climático más desfavorable (RCP8.5), supera este 5%.

Tabla 9. Porcentajes de cambio de la variable CDD

Índice	Escenario climático	Periodo temporal	Valor medio	Desviación	Valor mínimo	Valor máximo
CDD	RCP4.5	2030	-0,81 %	1,64 %	-2,57 %	1,38 %
		2060	0,93 %	1,18 %	-0,01 %	2,59 %
	RCP8.5	2030	2,85 %	0,52 %	2,22 %	3,48 %
		2060	3,92 %	2,38 %	1,14 %	6,95 %

Fuente: IDOM-CPSU (2021)

De acuerdo con los porcentajes de cambio definidos en la Tabla 9 y los rangos establecidos en la Tabla , se ha procedido a obtener los mapas de peligrosidad por sequía en los escenarios RCP 4.5 y RCP 8.5 para los horizontes 2015-2045 y 2045-2075. Sin embargo, en La Cruz, el incremento de la peligrosidad es bajo (todos los casos por debajo del 25%) por lo que no hay una modificación de los mapas generados para la peligrosidad actual.

Como se ha descrito anteriormente, que la peligrosidad no se vea modificada de acuerdo con los rangos establecidos en la Tabla , no quiere decir que el indicador de número de días secos consecutivos no vaya a cambiar, sino que va a cambiar en unos porcentajes pequeños como para que supongan un cambio significativo en la peligrosidad frente a sequías.

4.4.3 Altas temperaturas

Las olas de calor son uno de los fenómenos extremos más peligrosos, ya que tienen la capacidad de generar impactos significativos en la sociedad, como por ejemplo incrementar la morbilidad y mortalidad.

De acuerdo con la OMS y Organización Mundial de Meteorología (OMM) no hay una definición exacta de ola de calor⁵ (WHO, 2015), sin embargo, como definición operacional se entiende como un periodo inusualmente caliente y seco o caliente o húmedo, con una duración de por lo menos dos días a tres días, con un impacto discernible en los seres humanos y los sistemas naturales.

Aunque en general en Costa Rica los fenómenos de las olas de calor generan impactos menos significativos que las amenazas de origen hidrometeorológico, su potencial incremento en su intensidad y duración hacen que en las áreas de mayor incidencia de enfermedades cardiovasculares podría elevar la mortalidad en poblaciones de adultos mayores (Gobierno de Costa Rica, 2018).

Peligrosidad actual a olas de calor

⁵ Algunos países, utilizan la definen como un periodo de 3 a 5 días, otros llegan hasta periodos de 10 a 14 días. En Costa Rica no hay una definición concreta.

Debido a la falta de información, en este estudio se ha considerado una predisposición homogénea de todo el territorio a sufrir olas de calor. Ciertamente el fenómeno puede agravarse en entornos urbanos por el denominado efecto isla de calor urbana, que se produce cuando espacio concreto se registra una temperatura mayor que en las áreas circundantes. En entornos urbanos esta acumulación se debe generalmente a la presencia de superficies artificiales que absorben, retienen y liberan calor lentamente y, a su vez impiden la refrigeración natural por evaporación de agua contenida en el suelo y en la vegetación; al efecto invernadero que gases y partículas contaminantes en suspensión producen a consecuencia de las emisiones del tráfico rodado, industrias o viviendas; así como a la obstrucción de los movimientos de renovación del aire por el relieve de las propias edificaciones.

No obstante, puesto que la exposición a esta amenaza para los receptores población y hábitat urbano se analiza en las propias edificaciones, se considera que este efecto queda representado en el análisis y cálculo del riesgo.

Peligrosidad futura a olas de calor

En este caso, de acuerdo con la definición de ola de calor dada por la OMS y OMM descrita anteriormente, se ha tenido en cuenta para su procesamiento el indicador climático WSDI, que se asemeja a la definición mencionada y corresponde con el número de rachas cálidas u “olas de calor” (eventos) en los que la temperatura máxima diaria es superior al percentil 90, durante al menos 6 días consecutivos (WMO, 2019).

Cabe destacar, que todos los valores de los cambios porcentuales del indicador WSDI para los dos escenarios considerados (RCP4.5 y RCP8.5) y para los dos horizontes temporales, son siempre superiores al 100%, por lo tanto, la evolución futura de la amenaza es la misma en todos los casos planteados (para más detalle sobre la metodología de cálculo acudir a **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**).

De acuerdo con la justificación anterior no se representan los mapas de peligrosidad de olas de calor puesto que se trata de un único valor para todo el cantón, sin embargo, esta información se encuentra disponible anexa al presente informe a modo de información geoespacial.

4.5 Receptores sensibles y cadenas de impacto

Los **receptores sensibles** hacen referencia a todos aquellos elementos que pueden verse expuestos potencialmente por las distintas amenazas que presenta este territorio, descritas en el apartado 4.3. En este caso, se han agrupado por los sectores de población, hábitat urbano, sector primario, infraestructuras, equipamientos y áreas protegidas.

Tabla 10. Receptores sensibles

Sector	Receptor	Descripción
Población	Población	Perfil de población vulnerable
Hábitat urbano	Hábitat urbano	Condiciones de vida relacionadas con las edificaciones
Sector primario	Agrícola	Producción agrícola
	Pecuario	Producción ganadera
Infraestructuras	Vías	Carreteras y caminos
	Puentes	Relacionados con la red vial
Equipamientos	Educación	Centros educativos
	Recurso hídrico	ASADAS
Áreas protegidas	Humedales	Láminas de agua protegidas
	Áreas naturales	Áreas silvestres protegidas y corredores protegidos

Fuente: IDOM-CPSU (2021).

Los impactos del cambio climático no son eventos aislados, sino que resultan de una **cadena de impactos**, la cual es una relación de causa-efecto entre una amenaza asociada al cambio climático y un determinado receptor. La cadena de impactos permite sistematizar y priorizar los factores que llevan al riesgo de un determinado sistema y facilitar la identificación de indicadores que serán utilizados en la evaluación del riesgo. Por este motivo, resultan de interés desde el punto de vista de la evaluación de la vulnerabilidad y el riesgo.

Por lo tanto, estos receptores son la primera pieza de las cadenas de impacto, sobre los que se relacionan los impactos potenciales asociados a las amenazas ya descritas, así como los indicadores espaciales de exposición y vulnerabilidad de cada receptor. Esta cadena trata de sistematizar la relación entre dichos elementos.

Cabe señalar que en el apartado 4.5.4 del documento se incluye un breve análisis de los impactos sobre la población que puede considerarse más vulnerable, tomando en consideración la perspectiva de género y la inclusión social.

En los siguientes apartados se describe en mayor detalle los impactos asociados a las amenazas en relación con los receptores.

4.5.1 Lluvias intensas

Las lluvias intensas pueden convertirse en el factor desencadenante de distintas amenazas, como es el caso de las **inundaciones o los deslizamientos de tierra**. En este apartado se detallan los impactos potenciales de cada una de estas amenazas que tienen presencia en el cantón, así como la cuantificación de los daños económicos derivados de los eventos sucedidos en este territorio.

Las **inundaciones**, en general, afectan de forma negativa a la población. Pueden incluso provocar víctimas mortales y heridos, daños directos sobre las edificaciones y otros efectos indirectos como la interrupción de servicios básicos (como el agua o la luz) o de carácter económico.

En la siguiente tabla se recoge la cadena de impacto asociada a las inundaciones, donde se muestra la relación entre sectores, receptores y los impactos potenciales sobre estos. Estas cadenas han sido alimentadas por los actores locales durante las reuniones técnicas acontecidas.

Tabla 11. Cadenas de impactos asociadas a las inundaciones

Sector	Receptor	Potenciales impactos
Población	Población	Incremento de la accidentalidad y probabilidad de siniestros con daño personal
		Enfermedades por vectores
		Posible aumento de las migraciones
Hábitat urbano	Hábitat urbano	Daños estructurales a edificaciones
Sector primario	Agrícola	Posible pérdida de cosechas por fuertes lluvias
	Pecuario	Posible pérdida de cabezas de ganado Posible desabastecimiento de alimentos para el ganado derivados de la agricultura
Infraestructuras	Vías Puentes	Posibles daños físicos a la infraestructura de movilidad
		Posible corte en la circulación y operatividad
Equipamientos	Educación	Posibles daños en las edificaciones educativas e interrupción del servicio
	Recurso hídrico	Posible saturación de la infraestructura de drenaje y abastecimiento
		Posible corte del suministro por daño directo a la infraestructura de captación y abastecimiento
		Posible alteración en la disponibilidad hídrica por el incremento brusco del caudal o bloqueos en cauces
		Posible efecto sobre la calidad del agua

Fuente: IDOM-CPSU (2021).

En el caso del sector de la **pesca**, que no se ha incluido en el análisis cuantitativo, cabe ser descrito dada su importancia en el cantón. Este se puede ver afectado desde un punto estructural, cuando las infraestructuras que requiere sufran desperfectos como consecuencia de fuertes tormentas, por ejemplo; o se dificulte la ejecución de sus labores mar adentro y en zonas costeras por esta razón. También la falta de una política pesquera en los últimos años ha conducido a que la situación de partida sea más vulnerable (Ramírez, 2014). Por otro lado, se puede ver afectado desde un punto de vista de alteración del medio, es decir, por los cambios que pueden sufrir los ecosistemas marinos: acidificación del océano, aumento de la temperatura del agua, modificación de las corrientes oceánicas o una mayor frecuencia de los fenómenos de oscilación de El Niño, entre otros.

La pesca al ser una actividad económica que involucra todo un sistema socioecológico se encuentra condicionada por los futuros escenarios climáticos de la región. En definitiva, el sector pesca del cantón de La Cruz está en una constante evolución ante los fenómenos consecuentes del cambio climático y debe en su planificación como cantón resiliente contemplar a los y las trabajadores de dicho sector productivo.

Algunos de los fenómenos que pueden darse, asociados a los **deslizamientos**, pueden ser la destrucción de viviendas y daños físicos sobre la población, destrucción de carreteras y caminos, daños sobre la ganadería y los cultivos, o la generación de avalanchas de lodo causadas por el represamiento de ríos.

Tabla 12. Cadenas de impactos asociadas a los deslizamientos

Sector	Receptor	Potenciales impactos
Población	Población	Incremento de la accidentalidad y probabilidad de siniestros con daño personal
		Enfermedades por vectores
Hábitat urbano	Hábitat urbano	Daños estructurales sobre edificaciones
Infraestructuras	Vías Puentes	Posibles daños físicos a la infraestructura de movilidad
Equipamientos	Educación	Posibles daños en las edificaciones educativas e interrupción del servicio
	Recurso hídrico	Posible saturación de la infraestructura de drenaje y abastecimiento
		Posible corte de suministro por daño directo a infraestructuras de abastecimiento

Fuente: IDOM-CPSU (2021).

Como se ha incluido en el apartado 4.1.3, los distintos desastres que ha sufrido el cantón, en relación con las lluvias intensas, han tenido consecuencias cuantificables basadas en pérdidas económicas. Esta información está recogida en la base de datos de pérdidas

ocasionadas por fenómenos naturales de MIDEPLAN que lleva actualizando esta desde el año 1988. Los costes totales por daños superan los **treinta y ocho millones de dólares (USD)**, la mayoría debido a daños en vías. La mayoría de este monto se debe a eventos sin categorizar, siendo las inundaciones sobre las que menores costes se han registrado.

Tabla 13. Cuantificación de daños por eventos organizado por receptores 1988-2019

Tipo de evento	Daños (\$)							TOTAL
	Vivienda	Agropecuario	Aeródromos	Vías	Puentes	Salud	Educación	
Deslizamiento	-	-	-	105.697,62	-	-	-	105.697,62
Inundación	-	1.858,19	-	-	-	-	-	1.858,19
-	4.331.004,87	7.432.213,85	2.144.668,56	19.576.515,20	4.476.506,81	174.416,24	124.413,91	38.259.739,44
TOTAL	4.331.004,87	7.434.072,04	2.144.668,56	19.576.515,2	4.476.506,81	174.416,24	124.413,91	38.367.295,25

Fuente: IDOM-CPSU a partir de base de datos de MIDEPLAN (2021).

4.5.2 Déficit de lluvias

Las **sequías** tienen su inicio en la ausencia prolongada de precipitaciones o en la variación en la frecuencia de su intensidad, lo que supone un déficit hídrico en el territorio, sumado a las altas temperaturas. De forma más contundente afecta al normal desarrollo de las actividades del sector primario y a las áreas protegidas de este cantón.

Estos eventos secos se asocian principalmente al fenómeno de El Niño (ENOS). Se ha llegado a estimar que los años extremos secos tienen un período de aparición de 2,8 años en el Pacífico Norte (Retana J. , y otros, 2017).

El sector agropecuario puede sufrir las consecuencias en su producción, puesto que corresponde con el segundo motor de actividad, por detrás del sector terciario.

En cuanto a los ecosistemas, estos pueden verse afectados por la alteración de sus hábitats y cambios en la distribución de las especies, ya que muchas de estas encuentran en la limitación de la disponibilidad de agua su factor limitante.

Durante un tiempo prolongado se pueden llegar a relacionar con incendios forestales.

Tabla 14. Cadenas de impactos asociadas a las sequías

Sector	Receptor	Potenciales impactos
Sector primario	Agrícola	Posible pérdida de áreas de cultivo
		Pérdida de productividad agrícola por limitaciones con el abastecimiento de agua
		Posible impacto económico por limitaciones en abastecimiento de agua para riego
		Expansión de frontera agrícola e invasión de zonas naturales
	Pecuario	Sobreexplotación de agua subterránea
		Posible pérdida de áreas de pastoreo
Áreas protegidas	Humedales Áreas naturales	Posible pérdida de productividad por reducción de abastecimiento de agua e impacto económico asociado
		Sobreexplotación de agua subterránea
		Posibles cambios en la distribución de hábitats y especies por alteración de las condiciones ecológicas
		Reducción del volumen de zonas húmedas
		Afección por aumento de incendios o baja disponibilidad de agua
		Cambios en la salinidad
		Problemas de sedimentación y disponibilidad de nutrientes
Generación de suelos desnudos y estériles		
	Posible disminución de los servicios ecosistémicos	

Fuente: IDOM-CPSU (2021).

Respecto a los eventos ocurridos en La Cruz en relación con el déficit de precipitaciones, MIDEPLAN, se incluyen distintos episodios de El Niño (ENOS). El ENOS del período 1997-1998 fue uno de los más devastadores en toda América Latina. En el caso de Costa Rica, que ya venía de una situación donde las precipitaciones habían descendido en el período de lluvias, este fenómeno propició la continuación e intensificación de la sequía, que lógicamente tuvo repercusiones en todos los elementos de la sociedad (Organización Panamericana de la Salud, 2000). Además, en este cantón se han experimentado también las consecuencias de El Niño del período 2009-2010 y 2014.

En la siguiente tabla se cuantifican los daños económicos asociados a este evento:

Tabla 15. Cuantificación de daños por eventos organizado por receptores 1988-2019

Tipo de evento	Daños (\$)
	Agropecuario
El Niño	3.204.678,19
TOTAL	3.204.678,19

Fuente: IDOM-CPSU a partir de base de datos de MIDEPLAN (2021).

Como cabe esperar de un evento de tal envergadura relacionado con períodos de sequía, la agricultura y ganadería (agropecuario) son los receptores que reciben todos los daños reportados. En este caso se ha estimado en más de **tres millones de dólares (USD)**.

4.5.3 Altas temperaturas

Otra de las amenazas recurrentes en este cantón son las **olas de calor**. El efecto más destacado que se puede atribuir a estas corresponde con la salud de la población. Estas pueden provocar estrés cardiovascular (O'Neill & Ebi, 2009) o afecciones al sistema nervioso y problemas respiratorios (Deschenes, 2014) por ejemplo. Lo anterior puede traducirse en un incremento de la tasa de morbilidad y mortalidad.

Los efectos descritos se ven agravados o reducidos en función de algunos factores condicionantes como el tipo de construcción de las viviendas, el grado de hacinamiento, la accesibilidad a espacios verdes, la capacidad de autorregulación térmica o el nivel socioeconómico que también va implícito en los primeros condicionantes.

En cuanto a las edificaciones, aumentará la demanda de sistemas de refrigeración lo que implica un aumento del consumo energético y que las diferencias por nivel socioeconómico, en ocasiones marcadas por el género o la etnia, también sean más acuciantes.

Tabla 16. Cadenas de impactos asociadas a las olas de calor

Sector	Receptor	Potenciales impactos
Población	Población	Posible aumento de la mortalidad y movilidad
		Posibles afecciones sobre la salud: golpes de calor, deshidratación, cáncer de piel, etc.
		Posible incremento de enfermedades transmitidas por vectores sanitarios y diarreicas
Hábitat urbano	Hábitat urbano	Posible impacto económico-ecológico por aumento de las necesidades de refrigeración en las viviendas y en otras edificaciones del sector terciario (como hoteles y restaurantes)

Fuente: IDOM-CPSU (2021).

Al igual que se ha mencionado anteriormente, el sector **pesca** no se ha incluido en el análisis cuantitativo, sin embargo, cabe ser descrito dada su importancia en el cantón. Cambios bruscos en la temperatura podrían provocar cambios físicos en los océanos y en sus ecosistemas marinos provocarían impactos en la distribución y abundancia de poblaciones de peces, afectando directamente la productividad del sector pesquero. A partir de ello y tomando en cuenta la escasa movilidad de los pescadores de pequeña escala, estos suelen no estar en condiciones de adaptarse para seguir a las especies que han modificado sus zonas de distribución, lo que se viene a sumar a las ya conocidas y lesivas variaciones en los precios de mercado, a los intermediarios, a la competencia con otras flotas, a la marginación y a la deficiente gobernanza (Ramírez, 2014). En la siguiente tabla se resumen los principales impactos asociados a el incremento de temperatura.

Tabla 17. Principales impactos del sector pesca por altas temperaturas

Receptor	Cambio físico	Potenciales impactos
Pesca (actividad y las personas que viven de la actividad)	Aumento en la concentración de CO ₂ .	Reducción potencial de la producción.
	Aumento en la acidificación del océano.	Desplazamiento hacia los polos (plancton, invertebrados y peces) y reducción de biodiversidad en los trópicos.
	Calentamiento de las capas superiores.	
	Subida del nivel del mar.	Producción y rendimiento reducido en pesquerías costeras.
	Aumento en la temperatura del agua.	Reducción de la productividad.
	Modificación de corrientes oceánicas.	Abundancia de juveniles, reducción de la productividad.

Fuente: IDOM-CPSU (2021).

Respecto a lo eventos ocurridos en La Cruz en relación con las altas temperaturas, MIDEPLAN no tiene registrado ninguno para el período 1988-2019.

4.5.4 Equidad de género e inclusión social

Debido a que existe un impacto diferenciado frente al cambio climático, el desarrollo de estrategias con enfoques transversales permite fomentar el empoderamiento climático de las poblaciones con condiciones de mayor vulnerabilidad, como las mujeres y los niños. Aunque han sido históricamente excluidas debido a desigualdades sociales preexistentes, estas poblaciones cumplen un rol clave para la implementación y éxito de las medidas de adaptación y políticas de sostenibilidad.

En este sentido, la incorporación del enfoque de género e inclusión social en la adaptación al cambio climático permite examinar los impactos diferenciados de una acción sobre las poblaciones, así como integrar sus necesidades frente a los efectos del cambio climático e intereses en el diseño e implementación de políticas públicas.

En el presente apartado se resumen los principales impactos indirectos del cambio climático sobre las poblaciones en condiciones de vulnerabilidad identificadas en La Cruz: mujeres, niñas, niños y adolescentes, personas adultas mayores, migrantes y comunidades campesinas.

Tabla 18. Impactos indirectos sobre la población en situación de vulnerabilidad frente al cambio climático

Poblaciones vulnerables	Potenciales impactos indirectos del cambio climático
Mujeres	<p>El trabajo doméstico y de cuidados no remunerado se incrementa</p> <p>Los roles de género se refuerzan cuando las necesidades prácticas de los hogares recaen en que las mujeres y las niñas Participación desigual, escasa y limitada las mujeres en la mayoría de los órganos de decisión</p> <p>Probabilidad de vivir violencia de género al depender económicamente de los hombres</p> <p>Menor acceso de mujeres a actividades productivas fuera del hogar</p>
Niñas, niños y adolescentes	<p>Aumento de enfermedades gastrointestinales y otras asociadas con la falta de saneamiento</p> <p>Desnutrición infantil y aumento de enfermedades asociadas</p> <p>Afectación en la calidad y esperanza de vida</p> <p>Se paralizan las actividades escolares</p> <p>Deserción escolar por el incremento del trabajo de subsistencia, así como doméstico y de cuidados no remunerado</p> <p>Reforzamiento de roles de género desde edades tempranas</p>
Persona adulta mayor	<p>Mayores riesgos para la salud debido a cargas de trabajo excesivas</p> <p>Menor capacidad de subsistencia e inseguridad alimentaria</p> <p>Incapacidad para superar condiciones de pobreza</p> <p>Afectación en la calidad y esperanza de vida</p>
Migrantes	<p>Migración a tempranas edades evitando la continuidad en la escuela y en los planes de vida</p> <p>Migración en búsqueda de mayores oportunidades por pérdida de productividad</p> <p>Migración de pueblos indígenas u originarios en la búsqueda del recurso</p>
Comunidades campesinas	<p>Afectación a la seguridad alimentaria por pérdida de cultivos</p> <p>Reforzamiento de estereotipos de género, desigualdades sociales y brechas económicas, sociales y políticas</p> <p>Enfermedades y problemas de salud por peligros asociados al cambio climático</p> <p>Afectación de los ingresos económicos de los miembros por pérdida de productividad agropecuaria</p> <p>Pérdida de empleo y migración temporal</p> <p>Baja atención sanitaria médica básica y de emergencia</p>

Fuente: IDOM-CPSU

4.6 Exposición y vulnerabilidad

Para poder analizar y cuantificar la vulnerabilidad y exposición del cantón de La Cruz, y en relación con las cadenas de impacto anteriormente descritas, son imprescindibles los indicadores espaciales. Se trata de **indicadores de exposición y vulnerabilidad** con una representación física sobre el territorio, y que permiten más adelante la definición espacial del riesgo al que está sometido este territorio.

En las tablas siguientes se presentan los indicadores relacionados con cada una de las amenazas abordadas en este estudio (inundaciones, deslizamientos, sequías y olas de calor), donde se incluyen también los criterios establecidos para su categorización y las fuentes de información consultadas.

En este caso, se ha categorizado la vulnerabilidad en tres niveles: **Alta, Media y Baja**. Para cada uno de ellos se han establecido rangos que se han propuesto con el objetivo de representar la realidad del territorio. La categorización corresponde principalmente a criterios estadísticos, para lo que se han analizado los histogramas de frecuencia de las variables de estudio o indicadores, es decir, la frecuencia con que se presentan los valores de los indicadores y cómo se distribuyen. En otros casos, se ha optado por otro tipo de criterio específico como suceden con los indicadores asociados al sector agropecuario.

Tabla 19. Indicadores de análisis de las amenazas

Sector	Receptor	Amenaza	Indicador exposición	Fuente	Indicador vulnerabilidad	Fuente	Rangos		
Población	Población	Deslizamientos Inundaciones Olas de calor	Edificaciones	IGN	Densidad de población	INEC (UGM)	Baja	0-30 hab/ha	
							Media	30-100 hab/ha	
							Alta	>100 hab/ha	
					Edad (<18 y >60)		Baja	0-25%	
							Media	25-50%	
							Alta	>50%	
					Población con NBI		Baja	0-30%	
							Media	30-60%	
							Alta	>60%	
Hábitat urbano	Hábitat urbano	Deslizamientos Inundaciones Olas de calor	Edificaciones	IGN	Densidad de viviendas	INEC (UGM)	Baja	0-10 viv/ha	
							Media	10-50 viv/ha	
							Alta	>50 viv/ha	
					Hacinamiento en dormitorios		Baja	0-10%	
							Media	10-20%	
							Alta	>20%	
					Viviendas en estado malo		Baja	0-10%	
							Media	10-20%	
							Alta	>20%	
Sector primario	Agropecuario	Inundaciones Sequías	Fincas	Censo agropecuario	Actividad principal (especies cultivadas/criadas)	Censo Agropecuario	Baja	Cultivos con bajo requerimiento hídrico / alimentación a base de piensos	
							Media	Otros	
							Alta	Cultivos de elevado requerimiento hídrico / alimentación a base de pastos naturales	
					Divergencia uso / capacidad tierra		ATLAS CR 2014 Censo Agropecuario	Baja	Concordancia uso/capacidad
							Media	Concordancia restringida	
							Alta	Divergencia uso/capacidad	

Sector	Receptor	Amenaza	Indicador exposición	Fuente	Indicador vulnerabilidad	Fuente	Rangos	
					Principal fuente de agua	Censo Agropecuario	Baja	Acueducto / Proyecto de riego SENARA
							Media	Otras
							Alta	Cosecha de agua / pozo / manantial / río
Infraestructuras	Vías	Deslizamientos Inundaciones	Red Vial	MOPT	Tipo de vía	MOPT	Baja	Vías Nacionales / Autopistas / Pavimentadas
							Media	Vías cantonales / Centro urbano
							Alta	Caminos / Vereda / Caminos de tierra
	Puentes		IGN	Tipo de puente	IGN	Baja	Vías Nacionales / Autopistas / Pavimentadas	
						Media	Vías cantonales / Centro urbano	
						Alta	Caminos / Vereda / Caminos de tierra	
Equipamientos	Educación	Deslizamientos Inundaciones	Centros educativos	MEP	Tipo de centro educativo	MEP	Baja	Colegio virtual
							Media	CINDEA / Colegio público / Colegio nocturno / CTP / Escuela nocturna / Escuela pública / IPEC / Telesecundaria
							Alta	Preescolar público / Centro especial / CAIPAD
	Recurso hídrico		ASADAS	PNUD	ASADAS	PNUD	Baja	-
							Media	ASADAS
							Alta	-
	Humedales	Sequías	Humedales	SINAC	Tipo de humedal	SINAC	Baja	Bajos de lodo

Sector	Receptor	Amenaza	Indicador exposición	Fuente	Indicador vulnerabilidad	Fuente	Rangos	
Áreas protegidas							Media	Pantano arbustivo / Otros
							Alta	Pantano herbáceo / manglar / lago / laguna / laguna costera / estero
Áreas naturales			Áreas silvestres protegidas Corredores biológicos	SINAC	Tipo de área natural en función de la susceptibilidad al riesgo de incendios	IGN SINAC	Baja	Pasto en corredor biológico / otras coberturas
							Media	Pasto en Área Silvestre Protegida
							Alta	Forestal en corredor biológico / Forestal en área silvestre protegida

Fuente: IDOM-CPSU (2021).

En relación con la vulnerabilidad de la zona marino-costera, existen procesos que, aunque no se encuentran vinculados directamente con el cambio climático contribuyen a aumentar la vulnerabilidad de esta, según el estudio “Análisis de vulnerabilidad de las zonas oceánicas y marino costeras de Costa Rica frente al cambio climático” dentro del proyecto BIOMARCC (BIOMARCC-SINAC-GIZ, 2013). Estos son:

- Conocimiento de su biodiversidad: hay algunos vacíos de información, a pesar de los esfuerzos ya realizados en la identificación de nuevas especies, distribución de estas o su abundancia temporal.
- Gestión de áreas marino-costeras y humedales: no se protegen de forma adecuada puesto que se ha determinado que hay pérdida de cobertura vegetal, contaminación fecal y otras problemáticas derivadas de la ocupación humana y del desarrollo de actividades económicas no ordenadas. Por el momento resulta complejo monitorear y reducir las actividades ilegales.
- Gestión territorial: el aumento de la actividad turística está afectando al medio natural y sus recursos, así como en la sociedad y la economía local.
- Contaminación: en la vertiente del Pacífico se ha encontrado una concentración alta de productos farmacéuticos y de cuidado personal en aguas superficiales.
- Gestión de la pesca: aunque no hay registros actualizados desde el año 2007, sí hay datos que demuestran que las importaciones de productos pesqueros han ido aumentando en los últimos años.

En este cantón, los distritos costeros que son La Cruz y Santa Elena, tienen un índice de vulnerabilidad al cambio climático bajo (BIOMARCC-SINAC-GIZ, 2013).

4.7 Caracterización de riesgos climáticos

Este capítulo recoge el trabajo acumulado para componer el análisis espacial de riesgos climáticos, atendiendo a la metodología presentada en el apartado 4.1. El riesgo climático es el resultado de la coincidencia en el espacio/tiempo de tres componentes:

- **Amenaza** definida por su peligrosidad bajo distintos escenarios y horizontes temporales.
- **Exposición** de un receptor concreto en relación con la peligrosidad analizada.
- **Vulnerabilidad** determinada por la sensibilidad y capacidad adaptativa del receptor considerado en relación con la amenaza analizada.

Las amenazas climáticas consideradas han sido inundaciones, deslizamientos, sequías y olas de calor. En el apartado 4.4 se ha caracterizado su peligrosidad para los escenarios climáticos RCP 4.5 (escenario intermedio) y RCP 8.5 (escenario pesimista), y para los horizontes temporales futuros cercano (2015-2045) y lejano (2045-2075). Esta peligrosidad está especialmente basada en la variabilidad a futuro asociada a las diferentes amenazas climáticas analizadas: episodios de lluvia intensa, ausencia prolongada de precipitaciones, y periodos de altas temperaturas.

Los diferentes receptores sensibles se agrupan en los seis sectores considerados: población, hábitat urbano, sector primario, infraestructuras, equipamientos y áreas protegidas. Su exposición ante cada una de las amenazas viene dada por el cálculo espacial de la peligrosidad, realizado conforme a lo explicado en el párrafo anterior.

Para categorizar espacialmente su vulnerabilidad se han definido indicadores específicos, recogidos en el anterior apartado 4.6. La capacidad adaptativa se ha tratado a escala cantonal (ver apartado 4.8), teniendo en cuenta el nivel de desagregación espacial de la información disponible.

Con todos estos elementos se ha completado el trabajo de categorizar espacialmente el riesgo asociado a cada combinación de amenaza y receptor sensible, para los distintos escenarios y horizontes temporales indicados. Se han establecido cinco categorías de riesgo, a partir de la combinación espacial de todos estos elementos como se presenta a continuación.

Figura 15. Composición espacial del riesgo climático



Fuente: IDOM-CPSU (2021).

Los resultados obtenidos, así como el conjunto de archivos de trabajo y auxiliares que han soportado el análisis realizado con el apoyo de herramientas GIS se entregan como adjunto al presente informe a la municipalidad. Además, se incluye un Anexo 1 con el detalle de la metodología de geoprocésamiento seguida para completar el análisis espacial de riesgos.

A continuación, se ofrecen algunos resultados agregados, destacados y/o significativos, en relación con cada una de las tres amenazas consideradas.

4.7.1 Inundaciones

En este apartado se recogen los resultados del análisis de riesgo de inundación para este cantón en los escenarios de cambio climático RCP 4.5 y RCP 8.5 y para los períodos temporales señalados. Estos se han incluido en forma de tabla y han sido representados en mapas para algunos de los receptores analizados.

En la Tabla 20 se muestran los resultados del análisis de riesgo en superficie o número para cada uno de los receptores establecidos y para las distintas categorías de riesgo. Como señala, alrededor del 80% de los receptores de población y hábitat urbano se sitúan con un nivel de riesgo de inundación medio alto y alto. De forma concreta, en relación con la población, en el distrito de Santa Cecilia es donde mayor población se concentra en niveles altos de riesgo (30%), seguido de La Cruz (29%), Garita (10%) y por último Santa Elena (9%). El resto de población, alrededor de un 22%, vive en zonas con categoría de riesgo inferiores.

La población cantonal que se encuentra en riesgo medio alto y alto de inundaciones es aproximadamente 18.501 personas. De esta última cifra, alrededor del 47% son mujeres, algo más del 1% es población indígena y alrededor del 50% se encuentran en circunstancias de vulnerabilidad debido a la edad (menores de 18 años y mayores de 65 años). Esto se traduce en que buena parte de la población que vive en zonas donde el riesgo está caracterizado por niveles medio alto y alto pertenece a grupos vulnerables. La implicación de esta situación, como se ha comentado en el apartado 4.5.4, es que los impactos sobre estos grupos de población toman mayor alcance dadas sus circunstancias desfavorables iniciales que solo se agravan debido a las consecuencias del cambio climático.

Con el sector agropecuario sucede algo parecido, ya que casi el 90% de las fincas existentes en el cantón se encuentran en esos niveles de riesgo. En cuanto a las infraestructuras, el 51% de las vías y el 78% de los puentes se localizan en zonas con riesgo medio alto y alto. Por último, están los equipamientos, que en el caso de los centros educativos es casi el 78% y de las asadas el 90%.

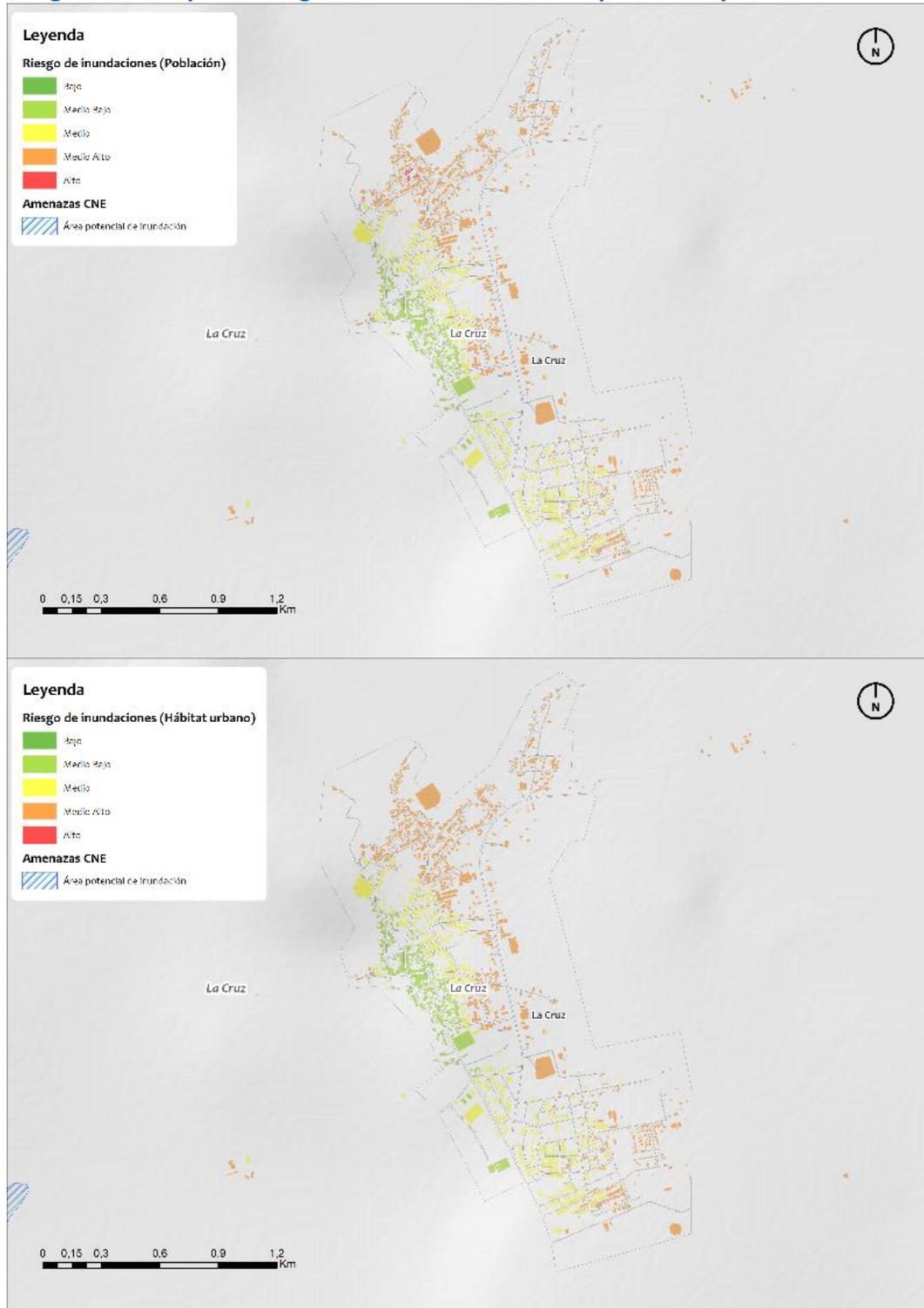
En las Figura 16 y Figura 17 se representa la variabilidad del nivel de riesgo de algunos de los receptores sensibles considerados para ambos escenarios climáticos y horizontes temporales.

Tabla 20. Riesgo por inundaciones sobre los receptores considerados bajo los escenarios (RCP 4.5 y RCP 8.5) y horizontes temporales (2015-2045 y 2045-2075) analizados

Escenario/Horizonte temporal	Categoría de riesgo	Población		Hábitat urbano		Agropecuario		Vías		Puentes		Educación		Recurso hídrico	
		nº edificios	%	nº edificios	%	nº fincas	%	km	%	nº	%	nº centros	%	nº asadas	%
Período de referencia [1990]: 1975-2005	bajo	5,00	0,06	7,00	0,08	2,00	0,19	8,04	0,83	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Escenario RCP 4.5 Horizonte 2015-2045/2045-2075	medio-bajo	367,00	4,12	426,00	4,79	29,00	2,71	217,74	22,55	2,00	4,35	2,00	4,08	1,00	10,00
	medio	1.570,00	17,64	1.727,00	19,41	150,00	13,99	246,16	25,49	8,00	17,39	9,00	18,37	0,00	0,00
Escenario RCP 8.5 Horizonte 2015-2045/2045-2075	medio-alto	5.304,00	59,60	6.335,00	71,19	582,00	54,29	468,32	48,49	32,00	69,57	32,00	65,31	8,00	80,00
	alto	1.653,00	18,58	404,00	4,54	309,00	28,82	25,46	2,64	4,00	8,70	6,00	12,24	1,00	10,00

Fuente: IDOM-CPSU (2021).

Figura 16. Mapa de riesgo de inundaciones sobre población y hábitat urbano



Fuente: IDOM-CPSU (2021).

En los mapas anteriores se aprecia como la distribución de la amenaza en el distrito de La Cruz para los receptores de población y hábitat se centra en la zona oriental. En el caso del sector agropecuario, el número de fincas afectadas con riesgo medio-alto y alto frente a inundaciones se centra principalmente en la zona nororiental del cantón

4.7.2 Deslizamientos

En la Tabla 21 se aglutinan los resultados del riesgo por deslizamientos sobre los diferentes receptores considerados bajo los escenarios de cambio climático y los horizontes temporales. En este caso, desde un punto de vista de categorización del riesgo, el alcance es menor que en el caso de las inundaciones, puesto que menos del 6% de los receptores población y hábitat urbano se verían afectados por niveles medio alto y alto. La mayor parte de las edificaciones se encuentran en zonas con riesgo bajo, es decir, el 45% de la población y casi el 52% del hábitat urbano. En riesgo medio alto y alto solo se ubican alrededor del 6% de la población. A nivel distrital, La Cruz es el que se vería más afectado ya que cuenta con el porcentaje total de población más alto en estos niveles de riesgo de deslizamiento.

El resto de receptores siguen la misma pauta, localizándose tanto las infraestructuras (vías y puentes) como los equipamientos (centros educativos y asadas) en zonas de bajo y medio bajo riesgo.

En la Figura 18 se representa la variabilidad del nivel de riesgo de algunos de los receptores sensibles considerados para ambos escenarios climáticos y horizontes temporales.

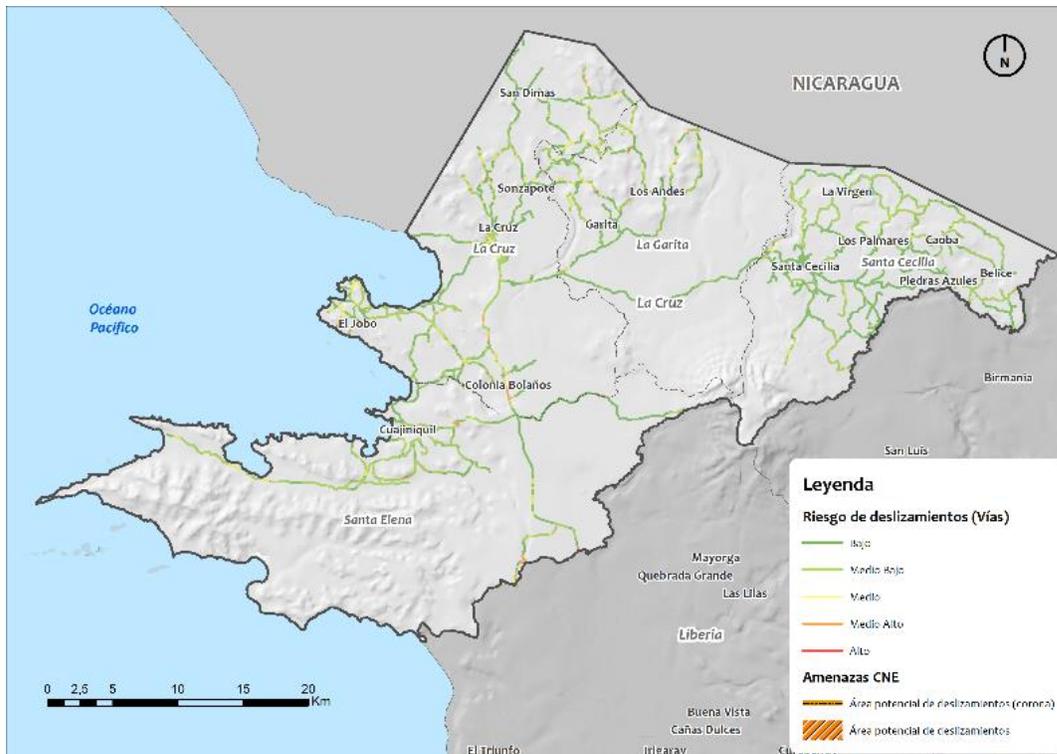
Tabla 21. Riesgo por deslizamientos sobre los diferentes receptores considerados bajo los escenarios (RCP 4.5 y RCP 8.5) y horizontes temporales (2015-2045 y 2045-2075) analizados

Escenario/Horizonte temporal	Categoría de riesgo	Población		Hábitat urbano		Vías		Puentes		Educación		Recurso hídrico	
		nº edificios	%	nº edificios	%	km	%	nº	%	nº centros	%	nº asadas	%
Período de referencia [1990]: 1975-2005	bajo	4.042,00	45,42	4.603,00	51,72	636,60	36,01	21,00	45,65	28,00	57,14	7,00	70,00
----- Escenario RCP 4.5 Horizonte 2015-2045/2045-2075	medio-bajo	3.252,00	36,54	2.968,00	33,35	845,65	47,83	18,00	39,13	14,00	28,57	2,00	20,00
	medio	1.029,00	11,56	840,00	9,44	218,72	12,37	5,00	10,87	5,00	10,20	0,00	0,00
----- Escenario RCP 8.5 Horizonte 2015-2045/2045-2075	medio-alto	511,00	5,74	429,00	4,82	66,75	3,78	2,00	4,35	2,00	4,08	1,00	10,00
	alto	65,00	0,73	59,00	0,66	0,16	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Fuente: IDOM-CPSU (2021).

Figura 18. Mapa de riesgo de deslizamientos sobre población, hábitat urbano y vías





Fuente: IDOM-CPSU (2021).

Al igual contrario que con el riesgo frente a inundaciones en el caso de deslizamientos la distribución del riesgo en la zona urbana está enfocada en la zona occidental, coincidiendo con las zonas más escapadas de la ciudad.

4.7.3 Sequía

Como se ha comentado en el apartado 4.1.3, el cantón ha registrado varios eventos de sequías en las últimas décadas.

En la Tabla 22 se puede ver que los tres receptores analizados se sitúan totalmente en un nivel de riesgo medio alto y alto, como es el caso de los humedales, donde se señala que la totalidad de su superficie se verá afectada por un nivel alto de riesgo frente a la sequía, independientemente de su escenario y horizonte.

En el caso de las explotaciones agropecuarias, más del 76% de estas se encuentran en zonas con riesgo alto. Se caracterizan por dedicarse al cultivo de frijol y al ganado vacuno, especialmente.

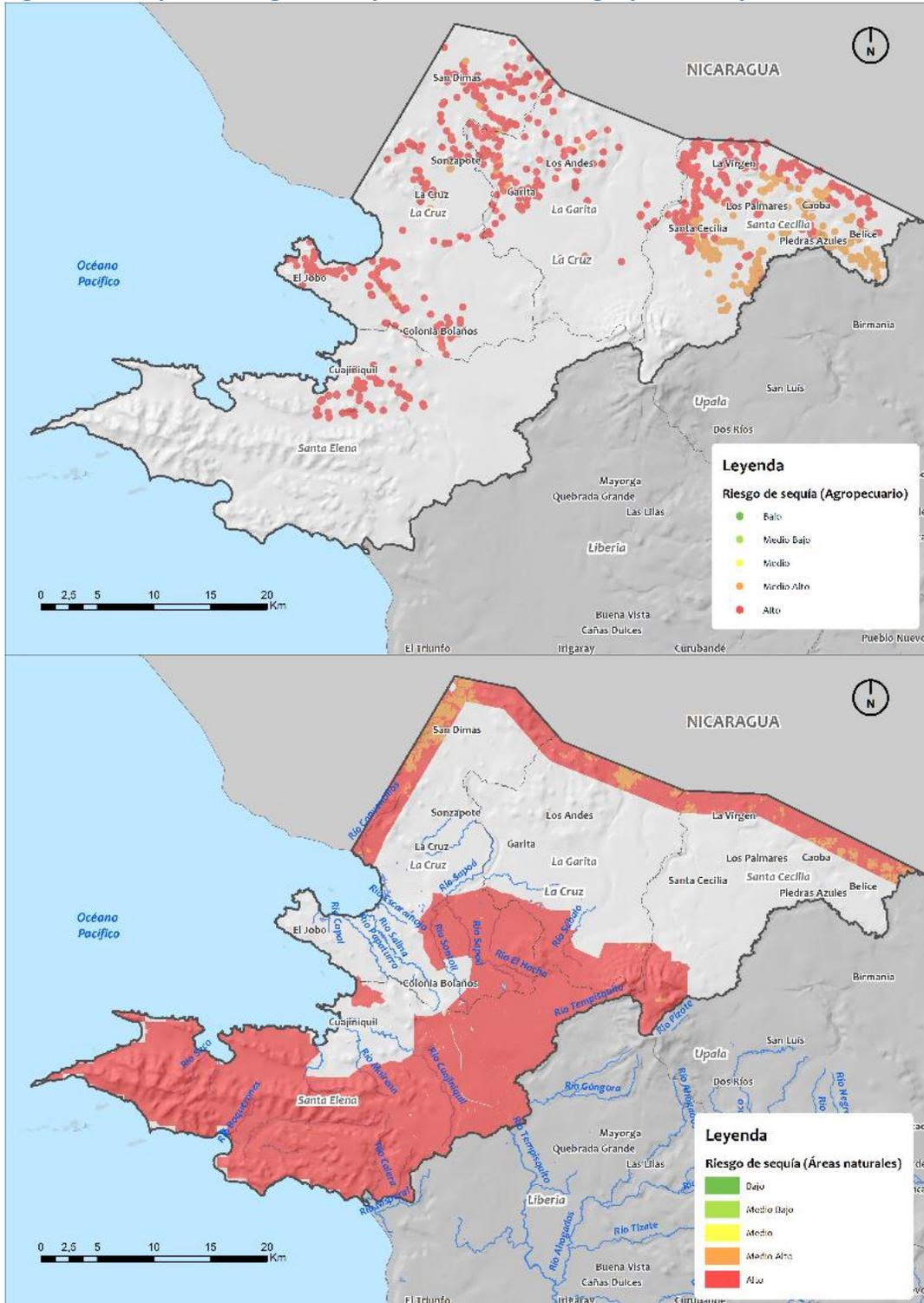
Tabla 22. Riesgo por sequía sobre los diferentes receptores considerados bajo los escenarios (RCP 4.5 y RCP 8.5) y horizontes temporales (2015-2045 y 2045-2075) analizados

Escenario/Horizonte temporal	Categoría de riesgo	Agropecuario		Humedales		Áreas naturales	
		nº fincas	%	ha	%	ha	%
Período de referencia [1990]: 1975-2005 ----- Escenario RCP 4.5 Horizonte 2015-2045/2045-2075 ----- Escenario RCP 8.5 Horizonte 2015-2045/2045-2075	bajo	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	medio-bajo	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	medio	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	medio-alto	255,00	23,90	0,00	0,00	2.993,25	4,22
	alto	812,00	76,10	270,73	100,00	67.954,76	95,78

Fuente: IDOM-CPSU (2021).

En la Figura 19 se representa la variabilidad del nivel de riesgo de los receptores sensibles considerados para ambos escenarios climáticos y horizontes temporales. En ella se aprecia como las fincas agropecuarias afectadas por la sequía se encuentran en la zona norte del cantón. Por su parte, las áreas naturales se encuentran prácticamente su totalidad en riesgo alto, ubicadas principalmente en la zona sur del cantón.

Figura 19. Mapa de riesgo de sequías sobre sector agropecuario y áreas naturales



Fuente: IDOM-CPSU (2021).

4.7.4 Olas de calor

En la Tabla 23. se resumen los resultados obtenidos en el análisis de riesgo del peligro de olas de calor para los distintos receptores sensibles, que en este caso son la población y el hábitat urbano.

Como en el caso de las olas de calor, los dos receptores analizados tienen todos sus elementos bajo un nivel medio alto y alto. Destaca que casi el 88% de la población está localizada en nivel alto de riesgo de olas de calor.

A nivel de distrito, aproximadamente el 42% de la población bajo niveles medio alto y alto vive en La Cruz, seguido por Santa Cecilia (34%), Garita (13%), y Santa Elena (11%).

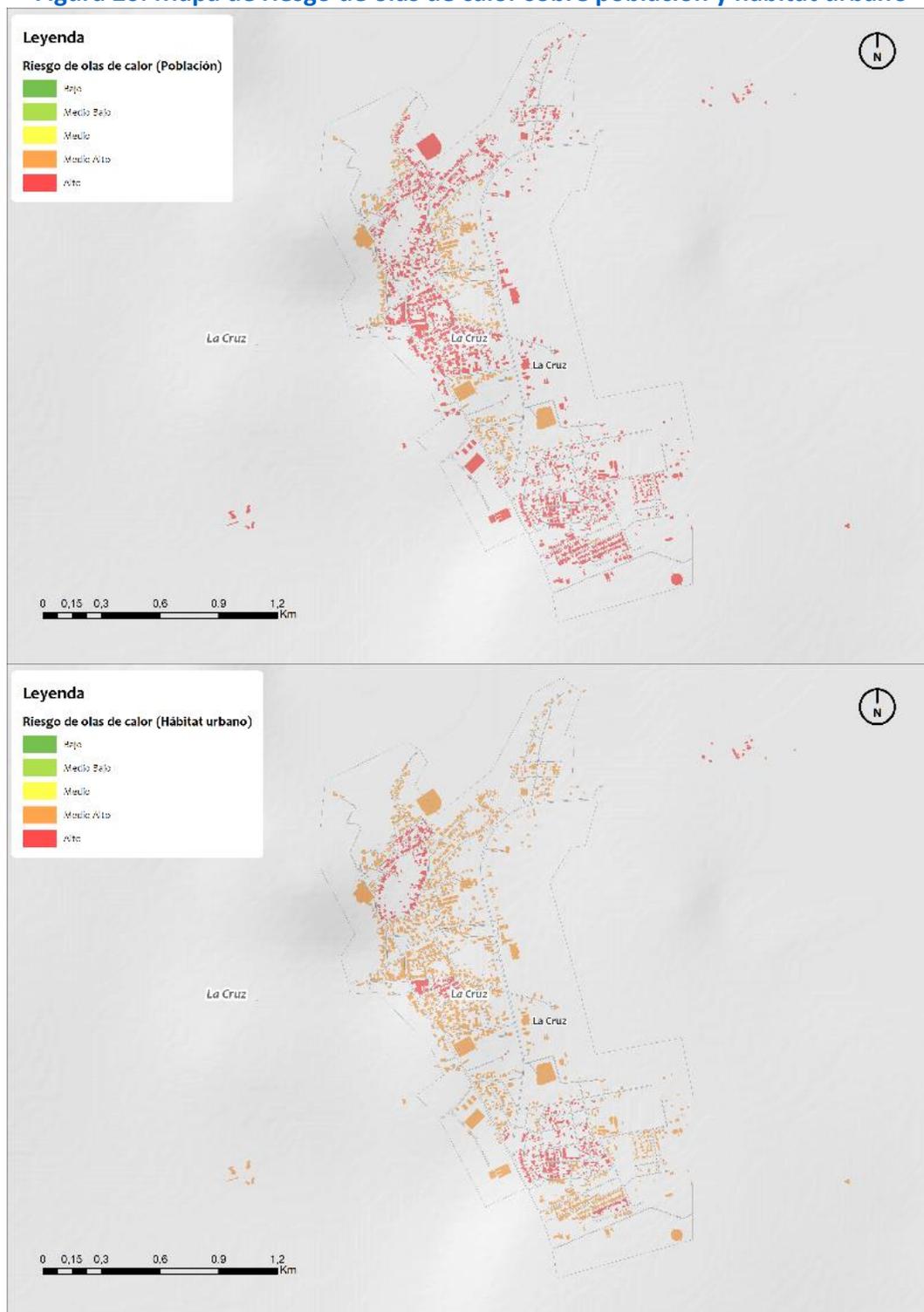
Tabla 23. Riesgo por olas de calor sobre los diferentes receptores considerados bajo los escenarios (RCP 4.5 y RCP 8.5) y horizontes temporales (2015-2045 y 2045-2075) analizados

Escenario/Horizonte temporal	Categoría de riesgo	Población		Hábitat urbano	
		nº edificios	%	nº edificios	%
Escenario RCP 4.5 Horizonte 2015-2045/2045-2075 ----- Escenario RCP 8.5 Horizonte 2015-2045/2045-2075	bajo	0,00	0,00	0,00	0,00
	medio-bajo	0,00	0,00	0,00	0,00
	medio	0,00	0,00	0,00	0,00
	medio-alto	1.096,00	12,30	5.310,00	59,59
	alto	7.815,00	87,70	3.601,00	40,41

Fuente: IDOM-CPSU (2021).

En las siguientes figuras (Figura 20. Mapa de riesgo de olas de calor sobre población y hábitat urbano) se representa la variabilidad del nivel de riesgo de olas de calor de los receptores sensibles considerados para ambos escenarios climáticos y horizontes temporales. En ella se aprecia como la distribución del riesgo frente a olas de calor es bastante uniforme a lo largo de toda la zona urbana de La Cruz con niveles de riesgo medio-alto y alto.

Figura 20. Mapa de riesgo de olas de calor sobre población y hábitat urbano



Fuente: IDOM-CPSU (2021).

4.8 Capacidad adaptativa actual

La capacidad adaptativa es la habilidad de ajustarse al cambio climático para atenuar los potenciales daños, aprovechar las oportunidades y hacer frente a las consecuencias, tal y como se define en el documento de bases conceptuales del Plan A: Territorios Resilientes ante el cambio climático (Ministerio de Ambiente y Energía, 2021d).

Como parte de la etapa de preparación del proceso de construcción conjunta del PAAC se completó un importante esfuerzo de recopilación y puesta al día de información por parte del equipo municipal. Con el apoyo de la “Caja de Herramientas” previamente facilitada por parte del equipo del Plan A, ha sido posible acotar el estado actual de la capacidad adaptativa en el cantón.

Este punto se ha completado en base al Índice de Desarrollo Social (IDS) y el Índice de Competitividad Cantonal (ICC), ya que miden el resultado de las decisiones empresariales, familiares y del gobierno, y pueden definir el perfil del cantón desde la perspectiva de la capacidad adaptativa. También resulta de interés resaltar en este punto el Índice de Desarrollo Humano Cantonal (IDH), que se compone de la esperanza de vida al nacer, los años esperados y promedio de escolaridad, y el consumo eléctrico per cápita.

El IDS de La Cruz tiene una puntuación de 16,4, lo que refleja que tiene un bajo nivel de desarrollo humano. Responde a que los habitantes tienen poca capacidad para solventar las necesidades básicas, acorde con los datos de MIDEPLAN 2013-2014 (Ministerio de Planificación Nacional y Política Económica, 2013). En cuanto al IDH, este tiene un valor de 0,725, lo que sitúa al cantón de La Cruz en la posición 77 de un total de 81 cantones de Costa Rica, según el Atlas de Desarrollo Humano Cantonal 2020⁶. Al igual que el IDS, indica que se encuentra en una posición muy baja.

Por otro lado, el ICC se estima como muy bajo, ubicando al cantón en la posición 66 respecto al resto de cantones; se ha diferenciado por las dimensiones que lo componen (Universidad de Costa Rica, 2017):

- **Pilar económico**

La valoración del pilar económico se considera baja. De las variables que se analizan destacan, por lo relativamente alto de su posicionamiento, los egresos municipales per cápita y el volumen de exportaciones totales por trabajador.

- **Pilar gobierno**

Esta dimensión está relacionada, especialmente, con la relación entre ingresos y gastos municipales.

⁶ Disponible en: <https://www.cr.undp.org/content/costarica/es/home/atlas-de-desarrollo-humano-cantonal.html>

A pesar de que la valoración global es la mejor, en relación con el resto de pilares analizados, animada porque los ingresos municipales per cápita se sitúan en buena posición, cabe señalar que la variable sobre el número de evaluaciones de impacto ambiental por permiso de construcción se localiza entre los últimos cantones.

- **Pilar infraestructura**

En relación con las infraestructuras, se trata de uno de los bloques con peor posicionamiento de los que componen el índice. Esto es debido a que el número de viviendas con acceso a electricidad e internet y agua potable es muy bajo.. Por el lado positivo, la cobertura y calidad de la red móvil 3G se localiza en el puesto 14.

- **Pilar clima empresarial y laboral**

Entre los conceptos analizados hay grandes diferencias, ya que mientras el grado de especialización y la población económicamente activa se sitúa entre los últimos puestos a nivel cantonal, la cobertura en educación secundaria, el porcentaje de empresas exportadoras o la tasa de crecimiento del empleo formal se encuentra en posiciones más intermedias.

- **Pilar capacidad de innovación**

La capacidad de innovación se encuentra por un lado en el desarrollo de tecnología puntera y en la formación de los habitantes. En este caso, se trata del bloque con peor valoración, fomentado por el bajo número de matrículas en carreras de ciencias y tecnología, así como las escuelas que cuentan con internet.

- **Pilar calidad de vida**

Esta dimensión aglutina cuestiones relacionadas con la posición ambiental de la municipalidad, la tasa de mortalidad por distintas razones, las opciones de ocio o la seguridad. Estas variables ofrecen resultados muy dispares entre sí, y mientras la tasa de mortalidad por infecciones se sitúa en una posición media, la tasa por homicidios parece alta al situarse en la posición 75 respecto al resto de cantones. Cabe destacar, que al respecto del esfuerzo municipal en mitigación ambiental, se sitúa en el puesto número 21, lo que se considera mejorable pero positivo.

Desde una perspectiva de la planificación territorial y sectorial, como se ha comentado en el apartado anterior, definen objetivos y acciones con incidencia en la resiliencia, a implementar en un marco temporal acotado. Esta integración de temas ambientales y de cambio climático de ordenación en planes estratégicos indica una vocación del cantón por resolver y aportar recursos en favor de aumentar su capacidad adaptativa. Además, se ha comprometido a la integración de los riesgos y las medidas de adaptación a la variabilidad y el cambio climático en la planificación del desarrollo local del cantón, a través de un acuerdo firmado; así como la creación de un Comité de Cambio Climático.

De todo ello se desprende que la capacidad adaptativa actual del cantón es mejorable, puesto que es necesario mejorar algunos aspectos relevantes como el acceso a servicios

básicos (agua potable, electricidad, alcantarillado sanitario e internet) en algunas comunidades. Priorizar el bienestar socioeconómico de la población en condiciones de mayor vulnerabilidad en el diseño e implementación de políticas públicas, con el fin de fortalecer su capacidad de respuesta y adaptación al cambio climático, se presenta fundamental en La Cruz.

5 Lineamientos estratégicos

Una vez definidos los perfiles locales y climáticos, este capítulo tiene como propósito establecer las bases que deberán estructurar la propuesta de medidas de adaptación municipal en la siguiente etapa del proceso de construcción conjunta del PAAC. En primer lugar, se rescatan las principales propuestas a nivel nacional, principalmente para dar adecuada cuenta de los compromisos internacionales adquiridos, principalmente tras la ratificación del Acuerdo de París. Después, se despliega un ejercicio analítico para iluminar específicamente las problemáticas a resolver en el municipio, así como aquellos elementos positivos identificados que pueden ser aprovechados para mejorar la situación actual.

5.1 Políticas y reportes nacionales en materia de acción climática

Cronológicamente, el primer documento que procede destacar a los efectos del presente Diagnóstico es la Política Nacional de Adaptación al Cambio Climático (PNACC) 2018-2030 (Gobierno de Costa Rica, 2018). Este documento fue elaborado con el propósito de constituirse en un marco orientador para que los distintos territorios, activos y procesos puedan desarrollar sus propias actuaciones en materia de resiliencia climática.

Tal y como muestra la Tabla 24. Lineamientos contenidos en la PNACC, PNACC tiene tres ejes denominados “instrumentales”, que son las condiciones habilitantes para que se pueda avanzar en la acción en materia de adaptación, y otros tres ejes “sustantivos”, que son los ejes alrededor de los cuales deberá trabajarse preferentemente y procede destacar en este punto. En este sentido, se propone dar adecuada cabida a la adaptación basada en ecosistemas, asegurar que los proyectos públicos consideren y se encuentran adaptados a las condiciones de clima futuro y finalmente procurar una economía resiliente para el país. Resulta conveniente por tanto incentivar que la planificación municipal para la acción en adaptación climática pivote al menos alrededor de estos tres lineamientos sustantivos. Se debe trabajar siempre desde el enfoque comunitario, dando adecuada cabida a la inclusión social, igualdad de género y pueblos tradicionales.

Tabla 24. Lineamientos contenidos en la PNACC



Fuente: (Gobierno de Costa Rica, 2018).

Por otro lado, los compromisos asumidos por los diferentes países para contribuir a los objetivos de los Acuerdos de París son reportados por medio de las denominadas Contribuciones Nacionales Determinadas (NDC, por sus siglas en inglés). En el caso de Costa Rica, la NDC lanzada en 2020 (Gobierno de Costa Rica, 2020a) actualiza y aumenta el nivel de ambición establecido en el anterior documento de intenciones, que sirvió de soporte en 2015 a las negociaciones y acuerdos que permitieron, esencialmente, establecer la meta de limitar el aumento de la temperatura media mundial a 1.5 °C, mejorar la capacidad adaptativa de los países y fortalecer los flujos de financiamiento para apoyar la acción climática global. La NDC 2020 es, por tanto, el documento oficial que reúne las políticas públicas en materia climática que el país planea implementar entre 2021 y 2030.

La NDC 2020 es un documento robusto, que incluyó modelación climática, construcción de escenarios narrativos y consultas ciudadanas para definir las metas y prioridades de acción integrando la descarbonización, la adaptación y la resiliencia de manera sectorial y territorial en hasta 13 áreas temáticas. Una de éstas corresponde al Desarrollo y ordenamiento territorial, a través de la cual Costa Rica se compromete a impulsar un modelo de planificación que contribuya decididamente a reducir el riesgo climático en las diferentes regiones del país, comprendiendo que los diversos territorios presentan condiciones disímiles entre sí, y que además contribuya a catalizar un desarrollo basado en la descarbonización.

Específicamente en términos de adaptación, además de establecer que para 2022 ya haya sido formulado, aprobado e iniciada la implementación del Plan de Acción de la PNACC (Plan Nacional de Adaptación), la NDC 2020 establece una serie de lineamientos a 2030 y metas intermedias concretas. De todas estas propuestas, procede mencionar explícitamente aquellas relacionadas con el objetivo del presente informe. De este análisis procede poner de manifiesto en primer lugar como, dos años después de la remisión de la NDC a la Comisión Marco de Naciones Unidas para el Cambio Climático (UNFCCC, por sus siglas en inglés), se registra un muy adecuado grado de avance en las metas de corto plazo establecidas. Por otro lado, destaca cómo el documento da prioridad tanto a la adaptación

basadas en ecosistemas (optimizar las potenciales prestaciones de las soluciones basadas en la naturaleza) como basada en comunidades (garantizando la integración vertical de propuestas que favorezcan la inclusión social), enfatizando además la necesidad de articular las estrategias de adaptación con los instrumentos de desarrollo territorial y sectorial existentes o en fase elaboración.

Procede cerrar este epígrafe haciendo mención al esfuerzo interministerial reciente (MOPT-MINAE-MIVAH) para publicar unos “Lineamientos generales para la incorporación de las medidas de resiliencia en infraestructura pública” (Gobierno de Costa Rica, 2020b). Se trata de una norma de carácter básico para procurar que las instituciones que ejecutan obras de infraestructura pública realicen la evaluación del riesgo con un enfoque multi-amenaza, que entre otras amenazas considere los escenarios presentes y proyecciones de cambio climático y la variabilidad climática, aplicables en todas las etapas del ciclo de vida de los proyectos, de manera que éstos puedan incorporar las necesarias medidas de adaptación.

5.2 Análisis DAFO

Para facilitar la tarea de diagnóstico cantonal en materia de adaptación climática se ha generado un análisis de Debilidades, Amenazas, Fortalezas y Oportunidades (DAFO), herramienta efectiva para facilitar la identificación de lineamientos estratégicos clave.

Las Fortalezas y Oportunidades son aquellas situaciones internas y externas en la adaptación climática cantonal, de carácter positivo, que una vez identificadas pueden ser potenciadas y aprovechadas, respectivamente. Por otro lado, las Debilidades (internas) y Amenazas (externas) constituirán las principales problemáticas y retos que deberán ser enfrentados para mejorar las condiciones de resiliencia en el cantón.

Tal y como muestra la Tabla 25, los cruces generados en esta matriz habilitan la propuesta de estrategias de actuación específicas para resolver o impulsar, según proceda, las circunstancias levantadas. Además, este ejercicio facilita la identificación de posibles condiciones habilitantes y arreglos institucionales necesarios para afrontar el desarrollo de las estrategias identificadas.

Tabla 25. Fundamentos del análisis DAFO

		Amenazas						Oportunidades						
		A1	A2	A3	An	O1	O2	O3	On
Debilidades	D1													
	D2													
	D3													
													
													
	Dn													
Fortalezas	F1													
	F2													
	F3													
													
													
	Fn													

Fuente: IDOM-CPSU (2021).

Este trabajo fue desarrollado durante el taller 1 con todos los actores locales relevantes para el proceso. El análisis FODA se realizó tomando en cuenta los aspectos sociales, técnicos, económicos y políticos. En el Anexo 3. Análisis DAFO se detallan todos los resultados obtenidos durante el trabajo. Igualmente, a continuación se hace un resumen de los resultados más destacados.

Principales debilidades en la adaptación al cambio climático del cantón

Se destaca una falta de conciencia ambiental de la población asociada a una carencia en la planificación estratégica para la participación ciudadana en los procesos relevantes del cantón como una de las principales debilidades. Igualmente, existe una falta de información técnica para caracterizar las amenazas climáticas, así como un acceso a tecnologías deficiente.

Desde la perspectiva económica los recortes presupuestarios a nivel nacional hacen que afecte a las instituciones de carácter ambiental y por lo tanto se cuenta con un presupuesto bajo para la planificación estratégica ambiental.

Por último, a nivel político se destaca una carencia de coordinación institucional y una deficiente fiscalización y seguimiento a políticas ambientales.

Principales amenazas en la adaptación al cambio climático del cantón

Una de las principales amenazas identificadas es el aumento de la vulnerabilidad social de la población por falta de acciones ambientales. A nivel técnico, se destaca la necesidad de que

haya un seguimiento técnico del plan de acción para la adaptación climática y que no se termine convirtiendo en una amenaza.

Desde la perspectiva económica una amenaza latente es la disminución de oferta laboral que puede conllevar a un aumento en la condición de pobreza de la población. Por último, se destaca la corrupción y la falta de políticas sociales como una amenaza para el territorio.

Principales fortalezas en la adaptación al cambio climático del cantón

Las principales fortalezas del cantón se enfocan en la buena preparación de los jóvenes en materia ambiental, así como su ubicación geográfica fronteriza les da visibilidad para innovar en estrategias con enfoque ambiental. A nivel técnico, en el cantón se cuenta con instituciones públicas para el desarrollo profesional con capacitaciones en materia ambiental.

Desde la perspectiva económica, se trata de un cantón con sectores como pesca, agricultura, ganadería, frontera y áreas protegidas para el desarrollo. Igualmente, una oportunidad clave resulta el Acceso a fondos de financiamiento para Pagos por Servicios Ambientales.

Por último, se pone en valor un gobierno comprometido con la temática ambiental, así como un respaldo nacional para implementar planes y estrategias de desarrollo cantonales.

Principales oportunidades en la adaptación al cambio climático del cantón

Entre las principales oportunidades identificadas se encuentra la búsqueda de sinergias con otras instituciones como ONGs para propiciar medios de vida sostenibles en el cantón, así como el empoderamiento de Asociaciones de Desarrollo del cantón en temas de cambio climático.

A nivel técnico se identifica como una oportunidad clave el identificar organizaciones internacionales para proyectos de biodiversidad en el cantón. Desde la perspectiva económica, se debe promover el turismo ecológico, así como potenciar alianzas Público-Privadas para proyectos productivos sostenibles.

Por último, se plantea como una oportunidad para el cantón la actualización de la normativa ambiental en el cantón con un enfoque participativo de la comunidad.

5.3 Elementos estructuradores de la propuesta de adaptación

El trabajo de análisis y diagnóstico completado hasta este punto permite establecer con cierta claridad cuáles deben ser los conceptos clave a la hora de articular la definición de medidas de adaptación al cambio climático en particular, así como el Plan Municipal de Acción para la Adaptación Climática en general.

- **Gestión del riesgo del cambio climático**

Es el proceso que busca anticipar y/o reducir los riesgos actuales y/o evitar la generación de riesgos futuros ante los efectos del cambio climático, para reducir o evitar los potenciales impactos en los ecosistemas, cuencas, territorios, medios de vida, población, infraestructura, bienes y servicios.

- **Equidad de género e inclusión social.**

Busca la construcción de relaciones de género equitativas y justas y reconoce la existencia de otras discriminaciones y desigualdades derivadas del origen étnico, social, orientación sexual, identidad de género, edad, entre otros.

Desde una perspectiva de cambio climático, el enfoque de género incide en la formulación y gestión de políticas públicas, ya que incorpora las necesidades específicas de mujeres y hombres en todo el ciclo de las políticas, favoreciendo una gestión pública eficiente y eficaz orientada a la igualdad social y de género.

- **Integración vertical y horizontal.**

A través de la integración vertical, se fomenta el trabajo con las diferentes autoridades nacionales, regionales y cantonales competentes en materia de cambio climático, a fin de asegurar una correlación entre lo nacional y subnacional por medio de la alineación de los Planes de Acción para la Adaptación Climática con los instrumentos de gestión integral del cambio climático a nivel nacional como la Política Nacional de Adaptación al Cambio Climático (PNACC), las Contribuciones Nacionales Determinadas (NDC) y el Plan Nacional de Adaptación (PNACC).

Igualmente, la integración horizontal fomenta el trabajo conjunto e integrado con las diferentes autoridades sectoriales competentes en materia de cambio climático para potenciar las sinergias y la interrelación de competencias y responsabilidades de todos los sectores sociales y productivos, a fin de reducir su vulnerabilidad y su exposición a los efectos adversos del cambio climático.

- **Participación ciudadana.**

Toda persona tiene el derecho y deber de participar responsablemente en los procesos de toma de decisiones para la gestión integral del territorio integrando la adaptación al cambio climático que se adopten en cada uno de los niveles de gobierno.

Los espacios de participación permiten conocer las opiniones, necesidades, experiencias y soluciones de la población para la construcción de estrategias climáticas más robustas e integrales. De esta manera, el espacio de diálogo y participación permite observar las causas

de la vulnerabilidad social y enfocar esfuerzos para su solución, como el empoderamiento de las mujeres o inclusión de poblaciones con condiciones de vulnerabilidad. La participación ciudadana es fundamental para lograr un desarrollo sostenible bajo en emisiones y resiliente al cambio climático.

- **Adaptación basada en ecosistemas.**

Identificar e implementar acciones para la protección, manejo, conservación y urgente restauración de ecosistemas, particularmente de ecosistemas frágiles como ecosistemas costeros, forestales, humedales, arrecifes, planicies, desembocaduras, entre otros, así como áreas naturales protegidas, a fin de asegurar que estos continúen prestando servicios ecosistémicos.

- **Adaptación basada en la gestión territorial.**

Incorporar la adaptación en la gestión territorial a escala regional y cantonal. Asimismo, diseñar y adaptar la infraestructura y el hábitat urbano según su nivel de exposición y vulnerabilidad ante eventos climáticos extremos, promoviendo procesos constructivos sostenibles, el desarrollo de capacidades técnicas y profesionales, la innovación tecnológica y la incorporación de tecnologías locales para la construcción de ciudades sostenibles, resilientes y ambientalmente seguras.

- **Adaptación basada en comunidades.**

Recuperar, valorizar y utilizar los conocimientos tradicionales de los pueblos indígenas y su visión de desarrollo armónico con la naturaleza, en el diseño de las medidas de adaptación al cambio climático, garantizando la distribución justa y equitativa de los beneficios derivados de la utilización de estos.

Desde la perspectiva de la adaptación, se debe reconocer, fomentar, apoyar e incentivar el conocimiento indígena y las técnicas ancestrales que permitan potenciar la adaptación de estos pueblos al cambio climático, en sus propios territorios.

6 Avances en el proceso participativo

Se espera que la elaboración de este PAAC, además de apoyarse en sólidos fundamentos técnicos, sea el resultado de un proceso de aprendizaje e intercambio con el equipo municipal y el conjunto de agentes socioeconómicos vinculados y/o necesarios para desarrollar con éxito esta estrategia de resiliencia climática. Con este propósito se ha definido un conjunto de espacios participativos en los que ir compartiendo y validando avances con las partes interesadas.

A continuación (Tabla 26. Esquema de actividades previsto) se muestra el grado de avance en el esquema de actividades previsto.

Tabla 26. Esquema de actividades previsto

Actividad	Objetivos / Propuesta de agenda
Reunión técnica 1 (Virtual)	Analizar conjuntamente el presente Plan de trabajo Alinear expectativas Finalizar el trabajo alrededor de la “Caja de Herramientas”
Reunión técnica 2 (Presencial)	Definir las principales amenazas climáticas a analizar Análisis inicial de exposición y vulnerabilidad Preparación del proceso participativo
Reunión técnica 3 (Virtual)	Revisión del borrador del Diagnóstico Perfil Local Perfil de Cambio Climático Construcción de cadenas de impacto
Primer taller de validación (Presencial)	Presentación general del proceso Validación del Diagnóstico Integral Construcción de matriz DAFO Propuesta de visión y objetivos principales para la adaptación
Segundo taller de validación (Presencial)	Consolidación de la lista larga de medidas planteadas Ejercicio de priorización
Reunión técnica 4 (Virtual)	Presentación del borrador del Plan de Acción
Tercer taller de presentación final (Presencial)	Presentación final del plan

Fuente: IDOM-CPSU (2021).

6.1 Avances hasta la fecha

Como se evidencia en el recurso anterior, hasta el momento se han llevado a cabo la reunión técnica 1 y 2.

En la reunión técnica 1 se realizó el día 9 de septiembre del 2021. Contando con la participación de personas de la municipalidad y de personas de la comunidad. En el siguiente recurso (Tabla 27) se brinda la información de quienes participaron.

Tabla 27. Personas asistentes a la Reunión Técnica 1

Nombre	Organización, institución, grupo u otro
Asier Rodríguez	IDOM
Natalia Gómez	Plan A/UNEP
Jessie Vega	CPSU
Carla Quesada	CPSU
Rodolfo Gómez:	Director Gestión Urbana, Municipalidad
Tatiana Salazar	Planificación Urbana, Municipalidad
Olger Vega:	Gestión cultural, Municipalidad
Martin Lopez:	Gestor ambiental, Municipalidad
Zaylin Bonilla	Gestión Social, Municipalidad

El objetivo de esta reunión fue discutir y validar el plan de trabajo, para alinear expectativas, y además revisar la información disponible en la Caja de Herramientas de la municipalidad.

El equipo municipal confirmó estar de acuerdo con el plan de trabajo e inclusive mencionaron que cuentan con el compromiso municipal, también han avanzado en la conformación de la comisión, que sería la misma que actualmente es el comité de ambiente.

Se realizó la revisión de los recursos encontrados y el equipo municipal señaló algunos otros recursos que se podrían incorporar como la información social que dispone la OIM, se comprometieron a compartir aquella información adicional que ubicaran.

En cuanto a la revisión de amenazas para el cantón, señalaron que principalmente son las sequías y las lluvias que generan inundaciones en distintas áreas del cantón, dichas áreas ya han sido debidamente identificadas por la Municipalidad. Señalan que esto afecta a cultivos, viviendas y personas por lo tanto es un tema prioritario. Además indican que al ser

La Cruz un cantón que tiene parte del cordón fronterizo, el tema de las migraciones es de importancia en las dinámicas de la zona.

Estuvieron de acuerdo en los próximos pasos del proyecto.

La reunión técnica 2 se realizó el día 20 de octubre del 2021. Contando con la participación de personas de la municipalidad y de personas de la comunidad. En el siguiente recurso (Tabla 28) se brinda la información de quienes participaron.

Tabla 28. Personas asistentes a la Reunión Técnica 2

Nombre	Organización, institución, grupo u otro
Natalia Gómez	Plan A/UNEP
Jessie Vega	CPSU
Carla Quesada	CPSU
Marcela Barquero:	Coordinación y Planificación, Municipalidad
Tatiana Salazar	Gestión ambiental, Municipalidad
Rodolfo Gómez	Planificación Urbana, Municipalidad
Marco Gonzaga	Gestión vial, Municipalidad

El objetivo de esta reunión fue definir las principales amenazas climáticas a analizar, validar la metodología propuesta para el análisis de la información, verificar en el mapa las zonas de vulnerabilidad ambiental. Además se acordaron próximos pasos.

Durante esta reunión el equipo de la municipalidad se mostró de acuerdo con el Plan de Trabajo pero indicaron que consideran que requieren una política para que tenga más peso la iniciativa. Además sobre la comisión acordaron buscar incorporar más actores para poder tener una mayor diversidad de fuerzas.

Sobre las amenazas a mostrar indican que están de acuerdo. Además sugieren incorporar la pesca y la ganadería en el sector primario, también consideran importante incorporar el elemento migratorio a nivel de análisis. Señalan que en el cantón no hay población indígena. El equipo de la municipalidad identificó documentación adicional que se alinea con el plan por lo cual se comprometieron a brindarla.

Por último se logró verificar la información disponible en el mapa de vulnerabilidad, así como incorporar zonas que no estaban presentes.

El taller 1 se realizó el viernes 28 de enero contando con la presencia de las personas detalladas en la Tabla 28.

Tabla 29. Personas asistentes al Taller 1

Nombre	Organización, institución, grupo u otro
Jessie Vega	CPSU
Carla Quesada	CPSU
Estela Alemán Lobo	Cooperación Emprendedoras Cuajiniquil
Luis Enrique Espinoza Castillo	Instituto Costarricense de Electricidad
Greyvin Torres Hernández	Cruz Roja
Martín Alonso López López	Municipalidad de La Cruz
Margoth Jiménez López	IMAS Liberia
Eddie Selva Alvarado	Consejo Municipal
Marco Gonzaga Martínez	Municipalidad de La Cruz
José Rodolfo Gómez	Municipalidad de La Cruz
Tatiana Salazar	Municipalidad de La Cruz
Marcela Barquero Cortés	Municipalidad de La Cruz
Luis Gabriel Gonzaga Guido	INCOPECA

Los objetivos del taller 1 fueron los siguientes:

1. Validar los resultados de los diagnósticos cantonales para recopilar las observaciones finales que serán incorporadas en las versiones finales de los documentos.
2. Elaborar participativamente el análisis de fortalezas, debilidades, amenazas y oportunidades para integrar la adaptación al cambio climático, que presenta cada cantón.
3. Construir de forma participativa la visión, los ejes estratégicos y los objetivos que tendrá el Plan de Acción para la Adaptación Climática en cada cantón.

Como resultados de los diagnósticos, se planteó una descripción con mayor detalle de estos, para tomar mejores decisiones sobre los sitios críticos y los barrios más impactados. Igualmente, se desarrolló un análisis DAFO con la Metodología World Café tomando en

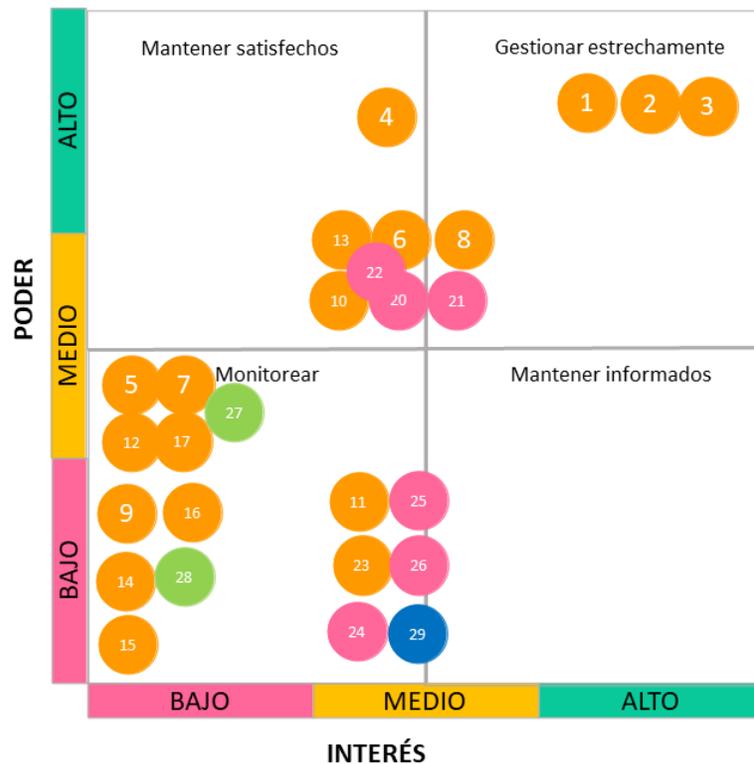
cuenta los aspectos sociales, técnicos, económicos y políticos. Los resultados de este análisis se han presentado previamente en el apartado 5.2.

Por último, se trabajó de forma participativa en la definición de la visión, ejes estratégicos y objetivos del Plan de Acción para la Adaptación Climática, cuyos insumos se han utilizado para construir estos aspectos en gabinete y que serán presentados en su formato final en el taller 2.

6.2 Mapeo de actores

Con base en la información recopilada en las distintas reuniones técnicas y proporcionada por la municipalidad, se elaboró un mapeo preliminar de actores para los cuales se elaboró una matriz de relevancia de actores que analiza su poder e interés en el proyecto, la cual se muestra a continuación en la Figura 21 y la Tabla 30.

Figura 21. Matriz de relevancia de actores



Fuente: IDOM-CPSU (2021).

Tabla 30. Relevancia de actores identificados

Categoría de Actor	#	Nombre	Pod er	Inter és
Sector Público	1	Alcaldía Municipal	1	1
Sector Público	2	Concejo Municipal	1	1
Sector Público	3	Equipo Municipal	1	1
Sector Público	4	Comité Local de Emergencias	1	2
Sector Público	5	Ministerio de Salud	2	3
Sector Público	6	Comisión Nacional de Emergencias	2	2
Sector Público	7	Instituto Mixto de Ayuda Social	2	3
Sector Público	8	Instituto de Desarrollo Rural	2	2
Sector Público	9	Ministerio de Educación Pública	3	3
Sector Público	10	Dirección de Migración y Extranjería	2	2
Sector Público	11	MOPT	3	2
Sector Público	12	Ministerio de Agricultura y Ganadería	2	3
Sector Público	13	Instituto Costarricense de Pesca y Acuicultura	2	2
Sector Público	14	Caja Costarricense de Seguro Social	3	3
Sector Público	15	Bomberos	3	3
Sector Público	16	Cruz Roja	3	3
Sector Público	17	Dirección Nacional de Desarrollo de la Comunidad	2	3
Sector Privado	18	Cámara Desarrollo del Comercio y Turismo de la Cruz (ASCATUR)	2	2
Sector Privado	19	Cámara de Empresarios Turísticos de La Cruz	2	2
Sector Privado	20	Asociación de pescadores Artesanales de El Jobo.	2	2
Sector Privado	21	Del Oro S.A.	3	2
Sector Privado	22	Costa Elena	3	2
Sector Privado	23	Dreams Las Mareas	3	2
Sector Privado	24	Novelteak	3	2

Sociedad Civil	2	Unión Cantonal de Asociaciones	2	3
Sociedad Civil	7			
Sociedad Civil	2	COOPEMUJER Santa Elena	3	3
Academia	8			
	2			
	9	Universidad Estatal a Distancia	3	2

Escala

Poder

Interés

1	Actor con una alta influencia de causar cambios sustantivos en el proyecto	Actor comprometido e interesado con los resultados del proyecto
2	Actor con influencia para sugerir cambios en el proyecto	Actor interesado pero no comprometido con el resultado del proyecto
3	Actor con poca o nula influencia para generar cambios en el proyecto	Actor sin compromiso ni interés sobre el proyecto

Fuente: IDOM-CPSU (2021).

7 Sigüientes pasos

Una vez aprobado este informe de diagnóstico se estará en disposición de proceder a definir las medidas de adaptación más apropiadas y ajustadas a la situación del cantón.

Para ello, en primer lugar se generará una lista larga de medidas, que incluirá aquellas ya en proceso de diseño y/o implementación previamente identificadas y además una propuesta adicional de actuaciones, en la que se dará la mayor cabida posible a las soluciones basadas en la naturaleza.

Esta lista “larga” de medidas tendrá un máximo de 30 entradas, con el propósito de que se trate de propuestas específicas, con una localización y alcance al menos esbozados.

El ejercicio de priorización tomará como referencia metodológica de partida la “Guía para la priorización de medidas de adaptación al cambio climático utilizando el método Análisis Multicriterio”, publicada el pasado mes de septiembre por el equipo del Plan-A y que consiste básicamente en la identificación conjunta y ponderación numérica de criterios. De forma preliminar, procede proponer los siguientes:

- Eficiencia: ¿la medida optimiza el aprovechamiento de los recursos disponibles?
- Eficacia: ¿la medida alcanza completamente los objetivos?;
- Equidad: ¿la medida beneficia a grupos o comunidades socioeconómicamente vulnerables?
- Urgencia: ¿cómo de pronto debe implementarse esta medida?
- Flexibilidad: ¿la medida permite ser reajustada a lo largo de su implementación?
- Robustez: ¿la medida es solvente bajo diferentes escenarios climáticos futuros?
- Co-beneficios: ¿la medida resuelve adicionalmente otro tipo de problemas ambientales o sociales?
- Legitimidad: ¿es la medida política, cultural, social y ambientalmente aceptable?

De entre todos estos elementos se considera oportuno destacar dos de ellos. Por un lado, el relativo al no-arrepentimiento, ya que ayuda a garantizar que, en un escenario de escasa disponibilidad de recursos, se atienden problemas que ya se manifiestan en cada cantón analizado. Y por otro, el que menciona los co-beneficios, ya que está vinculado a un concepto que cada vez con más frecuencia se asocia al diseño de estrategias de acción climática: las sinergias entre mitigación y adaptación (SAM). En otras palabras, tal y como indicado anteriormente, se trata de conseguir que las medidas de adaptación no impliquen aumentos en las emisiones de GEI.

Este trabajo de definición de medidas de adaptación finalizará con la identificación de aquellas vulnerabilidades que se estime no vayan a ser poder atendidas considerando los resultados esperables de la hoja de ruta planteada.

El ejercicio de (consolidación de la) identificación y priorización de medidas de adaptación será una de las actividades principales en la pauta del segundo de los talleres participativos planteados.

El número máximo de medidas priorizadas será de 10. Para cada una de estas, el equipo técnico de IDOM-CPSU elaborará una ficha-resumen de caracterización, que incluirá al menos la siguiente información: objetivos generales y específicos (metas, basados en los indicadores definidos para la caracterización del riesgo/s sobre el/los actuará), descripción detallada, principales barreras y arreglos institucionales necesarios para su implementación, indicadores de seguimiento, actores clave relacionados para su implementación, presupuesto estimado (inversión y operación/mantenimiento) así como posibles fuentes de financiamiento.

El siguiente paso corresponde a la definición misma del Plan de Acción para la Adaptación Climática, entregable final que será una recopilación de todos los insumos y resultados generados a lo largo del proceso.

El documento responderá al siguiente índice:

- 1 Resumen ejecutivo
- 2 Compromisos y avances nacionales ante la situación de emergencia climática global
- 3 Objeto y alcance
- 4 Metodología desarrollada. Fundamentos y limitaciones
- 5 Perfil del cantón
- 6 Análisis de riesgos climáticos
- 7 Visión y objetivos de adaptación
- 8 Medidas de adaptación
- 9 Condiciones habilitantes
- 10 Esquema de monitoreo y reporte
- 11 Opciones de financiamiento
- 12 Resumen del proceso participativo

Los contenidos adicionales que será necesario generar en esta fase tienen que ver principalmente con la estrategia de monitoreo y reporte (M&R). La propuesta se ajustará al Mecanismo para M&R de la adaptación a nivel subnacional que está siendo desarrollado actualmente. En todo caso, se propondrá un sistema robusto, basado en indicadores tanto asociados al cumplimiento de cada medida como a su posible contribución en términos de resiliencia.

La siguiente tabla recoge el conjunto de fechas propuesto para cada uno de los hitos que componen el proceso definido para completar la elaboración del PAAC.

Hito	Fecha propuesta
Entrega Plan de trabajo	Semana del 23 de agosto de 2021
Reunión técnica 1 (Virtual)	Semana del 6 de septiembre de 2021
Entrega Plan de trabajo consolidado	Semana del 13 de septiembre de 2021
Plan de trabajo aprobado	Semana del 27 de septiembre de 2021
Reunión técnica 2 (Presencial)	Semana del 11 de octubre de 2021
Entrega Diagnóstico	Semana del 13 de diciembre de 2021
Reunión técnica 3 (Virtual)	Semana del 20 de diciembre de 2021
Primer taller de validación (Presencial)	Semana del 24 de enero de 2022
Entrega Diagnóstico consolidado	Semana del 14 de febrero de 2022
Diagnóstico aprobado	Semana del 21 de febrero de 2022
Segundo taller de validación (Presencial)	Semana del 28 de febrero de 2022
Entrega Plan de Acción para la Adaptación	Semana del 4 de abril de 2022
Reunión técnica 4 (Virtual)	Semana del 25 de abril de 2022
Entrega Plan de Acción para la Adaptación consolidado	Semana del 02 de mayo de 2022
Plan de Acción para la Adaptación aprobado	Semana del 09 de mayo de 2022
Tercer taller de presentación final (Presencial)	Semana del 09 de mayo de 2022

8 Conclusiones y recomendaciones

El presente documento recoge el segundo de los productos asociados a este apoyo técnico, el Informe de Diagnóstico dirigido a evaluar tanto las necesidades de adaptación al cambio climático como las oportunidades para la integración de medidas de adaptación en la planificación y gestión del desarrollo en el cantón La Cruz.

Lo recogido en el presente informe servirá de base para las siguientes etapas del proceso de construcción participativa del Plan de Acción para la Adaptación Climática (PAAC).

El ámbito del PAAC se extiende por todo el cantón, considerando la variedad de ambientes y realidades existentes en el mismo y trata de contribuir al desarrollo sostenible en términos de calidad de vida, reducción de la brecha de género y socioeconómica, igualdad de oportunidades y conservación del patrimonio natural.

Para sustentar adecuadamente las siguientes etapas del PMAAC, se han ido completando diferentes ejercicios, entre los que destaca en primer lugar el perfil local del cantón, donde se analiza el territorio como una unidad sistémica, en la que se interrelacionan en un mismo espacio físico, diversas unidades, elementos y procesos territoriales de la índole físico espacial, social, económico, político, ambiental y jurídico. Este ejercicio permitió analizar aspectos clave para el desarrollo del perfil climático como el clima, las áreas de especial protección y corredores biológicos o la caracterización socioeconómica de la población y actividades productivas del cantón.

Tras ello, el perfil climático permitió determinar las necesidades del territorio desde la perspectiva de cambio climático. La evolución del registro histórico de temperaturas y precipitaciones, así como de las proyecciones del cambio climático de estos parámetros para los próximos años apuntan a la necesidad de proveerse de estrategias de adaptación efectivas para hacer frente a peligros asociados al cambio climático que no serán menos severos que los registrados y conocidos.

La generación de mapas de riesgo climático, a partir de la combinación de amenazas, exposición y vulnerabilidad, ha permitido clasificar espacialmente y mostrar sobre qué receptores y áreas del cantón será oportuno desarrollar acciones para mejorar la capacidad adaptativa de los diferentes receptores considerados frente a determinados potenciales efectos.

Actualmente, la peligrosidad frente a inundaciones y frente a sequía son las dos amenazas más recurrentes en el cantón. De cara al futuro, los resultados obtenidos indican que el riesgo de experimentar episodios de olas de calor se verá significativamente incrementado. Por su parte, el riesgo de inundaciones y movimientos en masa, asociados a precipitaciones intensas, tendrá variaciones diversas, habiendo en general un ligero aumento con respecto al actual. Por último, el riesgo frente a sequías asociado a déficit de precipitaciones tendrá

una variación similar a los dos anteriores viéndose incrementadas de forma suave con respecto al periodo actual.

Analizando los receptores del impacto, se deberá prestar especial atención a la población y al hábitat urbano. Aproximadamente un 76% de la población y un 75% de las viviendas podrían verse afectadas por inundaciones con un riesgo medio-alto y alto, así como gran parte de la población sufrirá el aumento de las temperaturas en forma de olas de calor. Por otro lado, la sequía impactará principalmente sobre los sistemas naturales, afectando prácticamente a la totalidad de humedales y de áreas naturales con un riesgo medio-alto y alto.

Esto obliga a considerar la necesidad de articular una estrategia de actuación específicamente dirigida a la reducción del riesgo, en la que se priorice la actuación sobre los receptores y entornos específicamente señalados en este documento. Con los resultados que ha sido posible aportar, es recomendable adoptar soluciones de bajo arrepentimiento.

Igualmente, los lineamientos estratégicos definidos en el apartado 5, permiten conocer las debilidades, amenazas, fortalezas y oportunidades para facilitar la definición de la visión, ejes estratégicos y los objetivos de adaptación del PMAAC.

Una de las debilidades más relevantes es la limitación de información disponible para caracterizar las amenazas y la vulnerabilidad del territorio. En este sentido, cabe recomendar en primer lugar destinar los recursos necesarios para realizar tanto un completo análisis de la peligrosidad asociada a cada amenaza (especialmente en el caso de inundaciones y movimientos en masa, estructurando modelos matemáticos adecuadamente alimentados y calibrados), como una regionalización de proyecciones climáticas con mejor resolución espacial, adaptado a las particularidades geográficas cada cantón. De esta forma, los resultados que puedan arrojar nuevas revisiones del análisis de riesgos climático podrán aportar resultados más precisos, con todas las ventajas estratégicas que esto conlleva a la hora de definir y llevar a cabo una estrategia de adaptación.

En relación con la visión, esta debe ofrecer una imagen clara del futuro ideal que se pretende alcanzar en el largo plazo para que el cantón sea resiliente ante el cambio climático. Los ejes estratégicos consisten en los temas o sistemas prioritarios del cantón que se abordarán estratégicamente dentro del Plan. Por último, los objetivos deben de detallar cómo se va a operacionalizar la visión.

Todos ellos han sido trabajados de forma colaborativa en durante el Primer taller de validación, están alineados con lo establecido en la Política Nacional de Adaptación al Cambio Climático y sus resultados finales se presentarán durante el Segundo taller de validación.

Por lo tanto, la estrategia de adaptación que se desarrollará en el PAAC debe perseguir, en términos generales, la reducción y/o evitar los daños y pérdidas desencadenadas por las amenazas, así como aprovechar las oportunidades que ofrece este para el desarrollo sostenible y resiliente, teniendo siempre presente un enfoque inclusivo con respecto al género y la diversidad cultural.

En resumen, el presente diagnóstico es un consistente punto de partida para la definición de las necesidades y oportunidades del cantón, así como eje articulador de la acción climática multinivel (país, región y cantón) y multisectorial.

9 Referencias

- Barahona, D., Méndez, J., & Sjöbohm, L. (2013). *Análisis de la susceptibilidad a deslizamientos en el distrito de Tres Equis: una base para la gestión del riesgo y ordenamiento territorial*. San José.
- BIOMARCC-SINAC-GIZ. (2013). *Análisis de vulnerabilidad de las zonas oceánicas y marino-costeras de Costa Rica frente al cambio climático*. San José, Costa Rica.
- Bonsal, B. R. et al. (2011). Drought Research in Canada: A Review. *Atmosphere-Ocean*, 49(4), 303-319.
- Deschenes, O. (2014). Temperature, human health and adaptation: A review of the empirical literature. *Energy Economics*(46), 606-619.
- ESA. (2021). *Climate Change Initiative*.
- Gobierno de Costa Rica. (2018). *Política Nacional de Adaptación al Cambio Climático*.
- Gobierno de Costa Rica. (2020a). *Contribución Nacionalmente Determinada*.
- Gobierno de Costa Rica. (2020b). *Lineamientos generales para la incorporación de las medidas de resiliencia en infraestructura pública*.
- IMN. (2021). *Clima de Costa Rica y variabilidad climática*. Obtenido de <https://www.imn.ac.cr/clima-en-costa-rica>
- INEC. (2011). *Censo de población*.
- INEC. (2014). *Censo agropecuario*.
- IPCC. (2014). *Quinto Informe de Evaluación del IPCC*.
- Mideplan. (2019). *Impacto de los Fenómenos Naturales para el período 1988-2018, por sectores, provincias, cantones y distritos*. San José de Costa Rica.
- Ministerio de Ambiente y Energía. (2021a). *Diagnóstico social, económico y espacial para el fortalecimiento de capacidades de adaptación al cambio climático del cantón de La Cruz*.
- Ministerio de Ambiente y Energía. (2021b). *Guía para la planificación de la adaptación ante el cambio climático desde el ámbito cantonal. Proyecto Plan A: Territorios Resilientes ante el Cambio Climático*. San José, Costa Rica.
- Ministerio de Ambiente y Energía. (2021c). *Guía para la priorización de medidas de adaptación al cambio climático utilizando el método Análisis Multicriterio. Proyecto Plan A: Territorios Resilientes ante el Cambio Climático*. San José, Costa Rica.
- Ministerio de Ambiente y Energía. (2021d). *Bases conceptuales para la adaptación al cambio climático en Costa Rica*. San José, Costa Rica.
- Ministerio de Planificación Nacional y Política Económica. (2013). *Índice de Desarrollo Social 2013*.
- Morales, A., Acuña, G., & Wing-Ching, K. L. (2009). Migración y salud en zonas fronterizas: Nicaragua y Costa Rica. *CEPAL - Serie Población y desarrollo N° 94*.
- Municipalidad de La Cruz. (2014). *Plan de Desarrollo Región Chorotega 2030*.
- Municipalidad de La Cruz. (2015). *Plan de Conservación, Desarrollo y Seguridad Vial Cantonal 2016-2020*.
- Municipalidad de La Cruz. (2016). *Plan Cantonal de Desarrollo Humano Local 2017-2026*.

- Municipalidad de La Cruz. (2019). *Plan Anual Operativo 2019*.
- Municipalidad de La Cruz. (2021). *Plan Cantonal de Emergencias 2021*.
- Nicholls, R. J., & Cazenave, A. (2010). Sea-level rise and its impact on coastal zones. *Science*(328), 1517-1520. Obtenido de <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/20558707/>
- O'Neill, M. S., & Ebi, K. L. (2009). Temperature Extremes and Health: Impacts of Climate Variability and Change in the United States. *Journal of Occupational and Environmental Medicine*, 51(1), 13-25.
- Organización Panamericana de la Salud. (2000). *Fenómeno El Niño 1997-1998*.
- Ramírez, E. (2014). Impacto del cambio climático en la pesquería. *Ambientico*(246), 8-16.
- Retana, J., & Calvo, M. (2017). *Riesgo ante eventos hidrometeorológicos extremos en los cantones de Nicoya, Hojancha, Nandayure y La Cruz*.
- Retana, J., Calvo, M., Sanabria, N., Córdoba, J., Calderón, K., & Prado, K. (2017). Riesgo ante eventos hidrometeorológicos extremos en Liberia, Carrillo, Matina y Talamanca. *Proyecto: Apoyo al Programa Nacional de Cambio Climático en Costa Rica. Mejora de la Capacidad de Mitigación y Adaptación de Costa Rica*. MINAE, IMN, DCC, MIDEPLAN, Cooperación Española. *Departamento de Climatología e Investigaciones Aplicadas.*, 112.
- Trabucco, A., & Zomer, R. (2019). *Global Aridity Index and Potential Evapotranspiration (ET0) Climate Database v2*. Figshare Dataset. Obtenido de <https://doi.org/10.6084/m9.figshare.7504448.v3>
- Universidad de Costa Rica. (2017). *Índice de Competitividad Cantonal 2006-2016*.
- WHO. (2015). *Heatwaves and Health: Guidance on Warning System Development*. Obtenido de https://www.who.int/globalchange/publications/WMO_WHO_Heat_Health_Guidance_2015.pdf?ua=1

10 Anexo 1. Metodología para el análisis de riesgos

En este Anexo se presenta la metodología utilizada para la obtención de la información geográfica relativa a los análisis de peligrosidad, vulnerabilidad y riesgo aportados a lo largo del documento. A modo de síntesis, conviene recordar que la base para la obtención de los resultados de Riesgo para cada receptor responde a la metodología que se resumen con la siguiente fórmula:

$$\text{Riesgo climático} = \text{Peligrosidad} * \text{Exposición} * \text{Vulnerabilidad}$$

Para diferentes escenarios y horizontes temporales *Para cada receptor*

10.1 Peligrosidad

Tal y como se describe en el capítulo de Amenazas a considerar, los mapas de peligrosidad se han obtenido para cuatro potenciales peligros identificados (inundaciones, deslizamientos, sequías y olas de calor), los cuales se encuentran asociados a las amenazas de episodios de lluvia intensa, ausencia prolongada de precipitaciones y periodos de altas temperaturas. La construcción de esos mapas se ha elaborado bajo los diferentes escenarios climáticos y horizontes temporales estudiados.

Para las cuatro amenazas se han obtenido mapas de peligrosidad clasificados en 5 categorías dependiendo de su nivel de amenaza.

10.1.1 Lluvias intensas

Las lluvias intensas se analizan mediante el índice de número de días muy húmedos (R95p). Este índice es representativo para la caracterización de los potenciales impactos, en comparación con otros índices extremos disponibles, que puedan reflejar un valor de pluviometría global, de carácter diario, mensual o anual. El R95P representa de número de días muy húmedos, considerando como días húmedos aquellos en los que la precipitación es superior al percentil 95 de la serie de datos analizada (WMO, 2009).

Su cálculo se realiza bajo dos escenarios de cambio climático (RCP 4.5 y RCP 8.5) y para un escenario cercano (2015-2045) y lejano (2045-2075).

Para ver su evolución en el tiempo, se calcula el porcentaje de cambio de los días de lluvia extrema superior al percentil 95 de los distintos periodos (2015-2045 y 2045-2075) y escenarios (RCP 4.5 y RCP 8.5) con respecto al periodo histórico (1975-2005).

$$\text{Porcentaje de cambio } R95p (\%) = \frac{(R95p_{\text{periodo futuro}} - R95p_{\text{periodo histórico}})}{R95p_{\text{periodo histórico}}} \times 100$$

Por último, se otorga al porcentaje de cambio una categoría de amenaza que va desde Nula hasta Muy Alta, tal y como se observa en la siguiente tabla:

Tabla 31. Categorización de la evolución prevista de la peligrosidad asociada a lluvias intensas

Índice	Si el porcentaje de cambio del índice respecto al histórico es...	... el nivel de amenaza es...	...lo que quiere decir que...
R95p (Precipitaciones extremas)	$x \leq 0$	Nulo	Existe una reducción del número de días con lluvias extremas por encima del percentil 95 durante el periodo analizado
	$0\% < x \leq 10\%$	Bajo	El número de días con lluvias extremas por encima del percentil 95 del periodo analizado registra un aumento de hasta un 10 % con respecto al número de eventos recogidos durante el periodo de referencia.
	$10\% < x \leq 20\%$	Medio-Bajo	El número de días con lluvias extremas por encima del percentil 95 del periodo analizado registra un aumento de entre un 10% y un 20% con respecto al número de eventos recogidos durante el periodo de referencia.
	$20\% < x \leq 30\%$	Medio	El número de días con lluvias extremas por encima del percentil 95 del periodo analizado registra un aumento de entre un 20% y un 30% con respecto al número de eventos recogidos durante el periodo de referencia.
	$30\% < x \leq 40\%$	Medio-Alto	El número de días con lluvias extremas por encima del percentil 95 del periodo analizado registra un aumento de entre un 30% y un 40% con respecto al número de eventos recogidos durante el periodo de referencia.
	$x > 40\%$	Alto	El número de días con lluvias extremas por encima del percentil 95 del periodo analizado es superior al 40% del periodo de referencia.

Fuente: IDOM-CPSU (2021)

10.1.1.1 Inundaciones

Para la amenaza de inundaciones, por un lado, se ha considerado el mapa de la Comisión Nacional de Emergencias (CNE) donde se zonifica las zonas potencialmente inundables en el cantón.

Por otro lado, se ha procedido a la generación de un mapa de susceptibilidad simplificado, obtenido a partir del mapa de pendientes. Así, las zonas con pendientes más bajas y asociadas a valles y depresiones son las que presentan una mayor susceptibilidad a anegamientos o desbordamiento de los cauces.

Finalmente, se ha generado un mapa de peligrosidad por inundación a partir de la combinación del mapa de zonas potencialmente inundables de la CNE y el mapa de pendientes (susceptibilidad).

Susceptibilidad a inundaciones

La información de las pendientes de la zona de estudio ha sido extraída del Modelo Digital del Terreno de 10 metros de resolución (Atlas Costa Rica, 2014). Las diferentes pendientes han sido agrupadas en 5 grupos como se aprecia en la siguiente tabla:

Tabla 32. Categorización de pendientes como criterio para la componer la peligrosidad espacial de inundaciones

Pendiente (%)	Contribución a la inundación
<2	Alta
2-5	Media-Alta
5-12	Media
12-25	Media-Baja
>25	Baja

Fuente: IDOM-CPSU (2021)

Peligrosidad actual a inundaciones

Una vez obtenidos los mapas de pendientes y de potenciales zonas de inundaciones de la CNE, se ha procedido su combinación y operación espacial de sus valores de acuerdo a lo establecido en la siguiente matriz, con el fin de obtener un mapa con diferentes categorías sobre la amenaza de inundación.

Tabla 33. Peligrosidad a inundaciones

		Zonas potenciales de la CNE	
		No inundable - CNE	Potencialmente inundable - CNE
Susceptibilidad actual	Bajo	Peligrosidad Baja	Peligrosidad Alta
	Media Baja	Peligrosidad Media Baja	Peligrosidad Alta
	Media	Peligrosidad Media	Peligrosidad Alta
	Media Alta	Peligrosidad Media Alta	Peligrosidad Alta
	Alta	Peligrosidad Media Alta	Peligrosidad Alta

Fuente: IDOM-CPSU (2021)

Peligrosidad futura a inundaciones

Para la obtención de los mapas de peligrosidad por inundación en los escenarios de cambio climático, se ha combinado el mapa de peligrosidad actual obtenido, con la categorización del cambio previsto en el índice de precipitaciones intensas R95P mostrada anteriormente.

Así, se han generado los mapas de peligrosidad por inundación para los horizontes 2015-2045 y 2045-2075, tomando los escenarios de cambio climático RCP 4.5 y RCP 8.5.

Resultado de la combinación de ese mapa con el indicador climático de episodios de lluvias intensas se obtuvo la peligrosidad de inundaciones en los escenarios climáticos y horizontes planteados. Esa combinación se expresa a través de la siguiente matriz:

Tabla 34. Clasificación de los niveles de peligrosidad asociados a inundaciones

		Incremento de peligrosidad (R95p)					
		Nulo	Bajo	Medio Bajo	Medio	Medio Alto	Alto
Peligrosidad actual	Bajo	Baja	Baja	Media Baja	Media Baja	Media Baja	Media Baja
	Media Baja	Media Baja	Media Baja	Media	Media	Media	Media
	Media	Media	Media	Media	Media Alta	Media Alta	Media Alta
	Media Alta	Media Alta	Media Alta	Media Alta	Media Alta	Alta	Alta
	Alta	Alta	Alta	Alta	Alta	Alta	Alta

Fuente: IDOM-CPSU (2021)

10.1.1.2 Deslizamientos

Para la amenaza de deslizamientos, el estudio ha consistido en la realización de dos análisis. Por un lado, se ha considerado el mapa de la Comisión Nacional de Emergencias (CNE) donde se zonifica las áreas potencialmente susceptibles a deslizamientos en el cantón.

Actualmente no existe un mapa de susceptibilidad a deslizamientos en Costa Rica, por lo que, para el segundo análisis, se ha optado por una simplificación de la susceptibilidad a través de un mapa de pendientes. Así, las zonas con pendientes más altas y asociadas zonas escarpadas son las que presentan una mayor susceptibilidad a que el terreno sufra un deslizamiento.

La información de las pendientes de la zona de estudio ha sido extraída del Modelo Digital del Terreno de 10 metros de resolución (Atlas Costa Rica, 2014). Las diferentes pendientes han sido agrupadas en 5 grupos como se aprecia en la Tabla 35. El mapa de pendientes obtenido es el que se muestra a continuación en la siguiente tabla:

Tabla 35. Categorización de pendientes como criterio para la componer la peligrosidad espacial de deslizamientos

Pendiente (%)	Contribución a la inundación
>25	Alta
12-25	Media-Alta
5-12	Media
2-5	Media-Baja
<2	Baja

Fuente: IDOM-CPSU (2021)

Finalmente, se ha generado un mapa de peligrosidad por deslizamiento a partir de la combinación de las zonas de ocurrencia potencial de deslizamientos de la CNE y el mapa de pendientes.

Peligrosidad actual a deslizamientos

Una vez obtenidos los mapas de pendientes y de potenciales zonas de deslizamientos de la CNE, se ha procedido su combinación y operación espacial de sus valores de acuerdo a lo establecido en la siguiente matriz, con el fin de obtener un mapa con diferentes categorías sobre la amenaza de deslizamientos.

Tabla 36. Peligrosidad a deslizamientos

		Zonas potenciales de la CNE	
		Sin deslizamientos - CNE	Con deslizamientos - CNE
Susceptibilidad actual	Bajo	Peligrosidad Baja	Peligrosidad Alta
	Media Baja	Peligrosidad Media Baja	Peligrosidad Alta
	Media	Peligrosidad Media	Peligrosidad Alta
	Media Alta	Peligrosidad Media Alta	Peligrosidad Alta
	Alta	Peligrosidad Media Alta	Peligrosidad Alta

Fuente: IDOM-CPSU (2021)

Peligrosidad futura a deslizamientos

Para la obtención de los mapas de peligrosidad por deslizamientos en los escenarios de cambio climático, se ha combinado el mapa de peligrosidad actual obtenido, con la categorización del cambio previsto en el índice de precipitaciones intensas R95P.

Así, se han generado los mapas de peligrosidad por deslizamientos para los horizontes 2015-2045 y 2045-2075, tomando los escenarios de cambio climático RCP 4.5 y RCP 8.5.

Resultado de la combinación de ese mapa con el indicador climático de episodios de lluvias intensas se obtuvo la peligrosidad de deslizamientos en los escenarios climáticos y horizontes planteados. Esa combinación se expresa a través de la siguiente matriz:

Tabla 37. Clasificación de los niveles de peligrosidad asociados a deslizamientos

		Incremento de peligrosidad (R95p)					
		Nulo	Bajo	Medio Bajo	Medio	Medio Alto	Alto
Peligrosidad actual	Bajo	Baja	Baja	Media Baja	Media Baja	Media Baja	Media Baja
	Media Baja	Media Baja	Media Baja	Media	Media	Media	Media
	Media	Media	Media	Media	Media Alta	Media Alta	Media Alta
	Media Alta	Media Alta	Media Alta	Media Alta	Media Alta	Alta	Alta
	Alta	Alta	Alta	Alta	Alta	Alta	Alta

Fuente: IDOM-CPSU (2021)

10.1.2 Déficit de lluvias

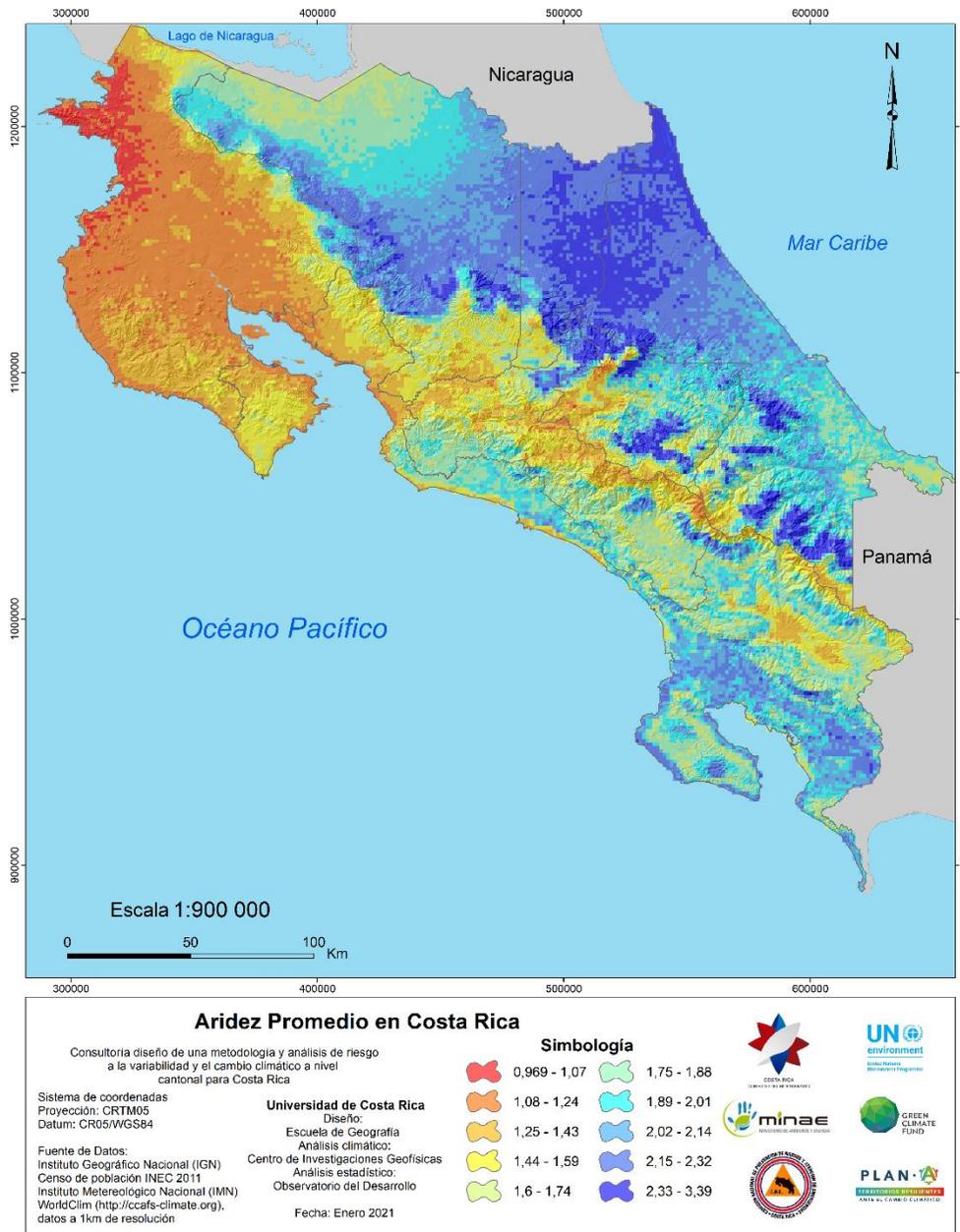
En el presente estudio se hace referencia a la sequía meteorológica, como una amenaza caracterizada por períodos prolongados sin lluvias, o con volúmenes de precipitación muy bajos.

Peligrosidad actual a sequía

Para caracterizar la peligrosidad de sequías en el territorio se ha utilizado un índice de aridez⁷ global, obtenido a partir de los datos WorldClim 2.0 (1970-2000). Este índice representa la relación entre la precipitación y la evapotranspiración potencial (que a su vez depende de la temperatura), es decir, la precipitación sobre la demanda de agua para la vegetación (agregada sobre una base anual).

⁷ Trabucco, Antonio; Zomer, Robert (2019): Global Aridity Index and Potential Evapotranspiration (ET0) Climate Database v2. figshare. Dataset. <https://doi.org/10.6084/m9.figshare.7504448.v3>

Figura 22. Índice de aridez promedio



Fuente: Plan-A (2020)

De esta manera se ha elaborado un mapa de susceptibilidad de sequías, de acuerdo al criterio de categorización del índice de aridez que recoge la siguiente tabla. Se distingue, así, entre diferentes niveles: el nivel de susceptibilidad alto corresponde con valores del índice de aridez inferiores a 1.46, el nivel medio alto con valores comprendidos entre 1.46 y 2.19, y el nivel de susceptibilidad medio se asocia a valores entre 2.19 y 2.93, el nivel medio bajo a valores entre 2.93 y 3.66, quedando las zonas con valores superiores a 3.66 clasificadas con una susceptibilidad baja.

Tabla 38. Categorización de la aridez

Aridez promedio	Peligrosidad a sequías
>3.66	Peligrosidad baja
2.93-3.66	Peligrosidad media-baja
2.19-2.93	Peligrosidad media
1.46-2.19	Peligrosidad media-alta
<1.46	Peligrosidad alta

Fuente: IDOM-CPSU (2021)

Peligrosidad futura a sequía

Para la obtención de los mapas de peligrosidad por sequía bajo los escenarios de cambio climático, se ha combinado el mapa de peligrosidad actual obtenido, con la categorización del cambio previsto en el índice de días secos consecutivos (*Consecutive Dry Days, CDD*), que corresponde con el mayor número de días consecutivos en los cuales la cantidad de precipitación diaria es inferior a 1 mm (WMO, 2009). Este índice climático es una medida de la escasez de precipitaciones, con valores altos que corresponden a largos períodos de escasez de precipitaciones y a condiciones potencialmente favorables a la sequía. Un aumento de este índice con el tiempo significa que la probabilidad de condiciones de sequía aumentará.

Este índice se calcula para todo el cantón, bajo dos escenarios de cambio climático (RCP 4.5 y RCP 8.5) y para un escenario cercano (2015-2045) y lejano (2045-2075).

Para poder determinar su evolución en el tiempo y poder asociar un nivel de amenaza, se calcula el porcentaje de cambio del índice de los periodos futuros (2015-2045 y 2045-2075) y escenarios (RCP 4.5 y RCP 8.5) con respecto al periodo histórico (1975-2005), a través de la siguiente fórmula:

$$\text{Porcentaje de cambio de CDD (\%)} = \frac{(CDD_{\text{periodo futuro}} - CDD_{\text{periodo histórico}})}{CDD_{\text{periodo histórico}}} \times 100$$

Por último, se otorga al porcentaje de cambio una categoría de amenaza que va desde Nula hasta Muy Alta, tal y como se observa en la siguiente tabla:

Tabla 39. Categorización de la evolución prevista de la peligrosidad asociada a déficit de lluvias

Índice	Si el porcentaje de cambio del índice respecto al histórico es...	... el nivel de amenaza es...	...lo que quiere decir que...
CDD (Sequías)	$x \leq 0$	Nulo	Existe una reducción del número de días secos consecutivos durante el periodo analizado
	$0\% < x \leq 25\%$	Bajo	El número de días secos del periodo analizado registra un aumento de hasta un 25 % con respecto al número de eventos recogidos durante el periodo de referencia.
	$25\% < x \leq 50\%$	Medio-Bajo	El número de días secos del periodo analizado registra un aumento de entre un 25% y un 50% con respecto al número de eventos recogidos durante el periodo de referencia.
	$50\% < x \leq 75\%$	Medio	El número de días secos del periodo analizado registra un aumento de entre un 50% y un 75% con respecto al número de eventos recogidos durante el periodo de referencia.
	$75\% < x \leq 100\%$	Medio-Alto	El número de días secos del periodo analizado registra un aumento de entre un 75% y un 100% con respecto al número de eventos recogidos durante el periodo de referencia.
	$x > 100\%$	Alto	El número de días secos del periodo analizado es superior al doble del periodo de referencia.

Fuente: IDOM-CPSU (2021)

Así, se han generado los mapas de peligrosidad por inundación para los horizontes 2015-2045 y 2045-2075, tomando los escenarios de cambio climático RCP 4.5 y RCP 8.5.

Resultado de la combinación de ese mapa con el indicador climático de déficit de lluvias se obtuvo la peligrosidad de inundaciones en los escenarios climáticos y horizontes planteados. Esa combinación se expresa a través de la siguiente matriz:

Tabla 40. Clasificación de los niveles de peligrosidad asociados a déficit de lluvias

		Incremento de peligrosidad (CDD)					
		Nulo	Bajo	Medio Bajo	Medio	Medio Alto	Alto
Peligrosidad actual	Bajo	Baja	Baja	Media Baja	Media Baja	Media Baja	Media Baja
	Media Baja	Media Baja	Media Baja	Media	Media	Media	Media
	Media	Media	Media	Media	Media Alta	Media Alta	Media Alta
	Media Alta	Media Alta	Media Alta	Media Alta	Media Alta	Alta	Alta
	Alta	Alta	Alta	Alta	Alta	Alta	Alta

Fuente: IDOM-CPSU (2021)

10.1.3 Altas temperaturas – Olas de calor

Peligrosidad actual a olas de calor

En este estudio se ha considerado una predisposición homogénea de todo el territorio a sufrir olas de calor. Ciertamente el fenómeno puede agravarse en entornos urbanos por el denominado efecto isla de calor urbana, que se produce cuando espacio concreto se registra una temperatura mayor que en las áreas circundantes. En entornos urbanos esta acumulación se debe generalmente a la presencia de superficies artificiales que absorben, retienen y liberan calor lentamente y, a su vez impiden la refrigeración natural por evaporación de agua contenida en el suelo y en la vegetación; al efecto invernadero que gases y partículas contaminantes en suspensión producen a consecuencia de las emisiones del tráfico rodado, industrias o viviendas; así como a la obstrucción de los movimientos de renovación del aire por el relieve de la propias edificaciones.

No obstante, puesto que la exposición a esta amenaza para los receptores población y hábitat urbano se analiza en las propias edificaciones, se considera que este efecto queda representado en el análisis y cálculo del riesgo.

Peligrosidad futura a olas de calor

En este caso se ha tenido en cuenta para su procesamiento el indicador climático WSDI que representa el número de días al año que forman parte de una secuencia de al menos 6 días consecutivos con la temperatura máxima mayor al percentil 90 del total de registros.

Para aquellas amenazas que vienen definidas directamente por el indicador climático como olas de calor (periodos de altas temperaturas) los mapas de peligrosidad se han construido de acuerdo con la categorización de la evolución prevista respecto a la situación actual para esos indicadores.

Del mismo modo que con la amenaza anterior, su cálculo se realiza bajo dos escenarios de cambio climático (RCP 4.5 y RCP 8.5) y para un escenario cercano (2015-2045) y lejano (2045-2075).

Una vez definido el índice, se calcula el porcentaje de cambio de los distintos periodos con respecto al periodo histórico de referencia, a través de la siguiente fórmula.

$$\text{Porcentaje de cambio de WSDI (\%)} = \frac{(WSDI_{\text{periodo futuro}} - WSDI_{\text{periodo histórico}})}{WSDI_{\text{periodo histórico}}} \times 100$$

De nuevo, se otorga al porcentaje de cambio una categoría de amenaza que va desde Nula hasta Muy Alta, tal y como se observa en la siguiente tabla:

Tabla 41. Categorización de la evolución prevista de la peligrosidad asociada a olas de calor

Índice	Si el porcentaje de cambio del índice respecto al histórico es...	... el nivel de amenaza es...	...lo que quiere decir que...
WSDI (Olas de calor)	$x \leq 0$	Nulo	Existe una reducción del número de días cálidos consecutivos durante el periodo analizado
	$0\% < x \leq 25\%$	Bajo	El número de días cálidos del periodo analizado registra un aumento de hasta un 25 % con respecto al número de eventos recogidos durante el periodo de referencia.
	$25\% < x \leq 50\%$	Medio-Bajo	El número de días cálidos del periodo analizado registra un aumento de entre un 25% y un 50% con respecto al número de eventos recogidos durante el periodo de referencia.
	$50\% < x \leq 75\%$	Medio	El número de días cálidos del periodo analizado registra un aumento de entre un 50% y un 75% con respecto al número de eventos recogidos durante el periodo de referencia.
	$75\% < x \leq 100\%$	Medio-Alto	El número de días cálidos del periodo analizado registra un aumento de entre un 75% y un 100% con respecto al número de eventos recogidos durante el periodo de referencia.
	$x > 100\%$	Alto	El número de días cálidos del periodo analizado es superior al doble del periodo de referencia.

Fuente: IDOM-CPSU (2021)

Una vez obtenidos los grados de peligrosidad para cada amenaza en cada uno de los escenarios y horizontes, las categorías se han adaptado a una escala numérica que sirva como variable en los posteriores cálculos de obtención de riesgo. La correspondencia de escala responde a la siguiente tabla:

Grado de peligrosidad futura	Bajo	Medio Bajo	Medio	Medio Alto	Alto
Escala numérica	1	2	3	4	5

10.2 Exposición y vulnerabilidad

Los indicadores de exposición y vulnerabilidad se han elaborado para cada receptor considerado, agrupados en seis áreas de acción principales: población, hábitat urbano, sector primario, infraestructuras, equipamientos y áreas protegidas. Tal y como se describe en ese apartado, la consideración de uno u otro receptor para cada amenaza responde a la naturaleza de esta y a su interacción con cada receptor, entendiendo de este modo que existen receptores que no se han analizado para alguna de las amenazas en cuestión por considerarse que no se ven afectados por ella.

La justificación de esa elección queda detallada en el apartado de Cadenas de impacto (apartado 4.5), así como la fuente oficial a partir de la que se ha obtenido cada uno de ellos queda indicado en el apartado de Indicadores espaciales (apartado 4.6).

Del mismo modo, a continuación, se muestra de nuevo a la tabla de indicadores con los rangos utilizados para categorizar la vulnerabilidad, así como su justificación técnica de los criterios adoptados en cada caso.

Como se ha mencionado anteriormente, el criterio de categorización corresponde principalmente a criterios estadísticos y a criterio experto, para lo cual se han analizado los histogramas de frecuencia de las variables de estudio o indicadores. En otros casos, se ha optado por otro tipo de criterio específico como suceden con los indicadores asociados al sector agropecuario, infraestructuras o equipamientos como se aprecia en la siguiente tabla:

Sector	Receptor	Amenaza	Indicador vulnerabilidad	Rangos		Criterio adoptado
Población	Población	Deslizamientos Inundaciones Olas de calor	Densidad de población	Baja	0-30 hab/ha	Se asocia una mayor densidad de población con una mayor vulnerabilidad.
				Media	30-100 hab/ha	
				Alta	>100 hab/ha	
			Edad (<18 y >60)	Baja	0-25%	Se asocia un mayor porcentaje de personas menores de 18 años y mayores de 60 años existentes en el cantón con una mayor vulnerabilidad.
				Media	25-50%	
				Alta	>50%	
			Población con NBI	Baja	0-30%	Se asocia un mayor porcentaje de población con necesidades básicas insatisfechas con una mayor vulnerabilidad.
				Media	30-60%	
				Alta	>60%	
Hábitat urbano	Hábitat urbano	Deslizamientos Inundaciones Olas de calor	Densidad de viviendas	Baja	0-10 viv/ha	Se asocia una mayor densidad de viviendas con una mayor vulnerabilidad.
				Media	10-50 viv/ha	
				Alta	>50 viv/ha	
			Hacinamiento en dormitorios	Baja	0-10%	Se asocia un mayor porcentaje de hacinamiento en dormitorios con una mayor vulnerabilidad.
				Media	10-20%	
				Alta	>20%	
			Viviendas en estado malo	Baja	0-10%	Se asocia un mayor porcentaje de viviendas en mal estado con una mayor vulnerabilidad.
				Media	10-20%	
				Alta	>20%	
Sector primario	Agropecuario	Inundaciones Sequías	Actividad principal (especies cultivadas/criadas)	Baja	Cultivos con bajo requerimiento hídrico / alimentación a base de piensos	Se asocian los cultivos con un elevado coeficiente de evapotranspiración (Kc med) con una mayor vulnerabilidad, por un mayor requerimiento hídrico del cultivo. Igualmente, se asocian las cabezas de ganado con alimentación a base de pastos naturales con una mayor vulnerabilidad, por un mayor requerimiento hídrico de su fuente de alimentación principal.
				Media	Otros	
				Alta	Cultivos de elevado requerimiento hídrico / alimentación a base de pastos naturales	

Sector	Receptor	Amenaza	Indicador vulnerabilidad	Rangos		Criterio adoptado
			Divergencia uso / capacidad tierra	Baja	Concordancia uso/capacidad	Se asocia la divergencia de uso entre la capacidad real de un suelo y su uso actual con una mayor vulnerabilidad.
				Media	Concordancia restringida	
				Alta	Divergencia uso/capacidad	
			Principal fuente de agua	Baja	Acueducto / Proyecto de riego SENARA	Se asocia la dificultad de acceso al recurso hídrico como fuente principal de agua, influenciada por la ausencia de precipitaciones, con una mayor vulnerabilidad.
				Media	Otras	
				Alta	Cosecha de agua / pozo / manantial / río	
Infraestructuras	Vías	Deslizamientos Inundaciones	Tipo de vía	Baja	Vías Nacionales / Autopistas / Pavimentadas	Se asocian las vías no pavimentadas de tierra con una mayor vulnerabilidad de la infraestructura. Se asocia el nivel jerárquico de las carreteras con el tipo de pavimento que cuentan. Igualmente, se asocia una menor redundancia de la red vial (posibilidad de usar rutas alternas) con una mayor vulnerabilidad. Se asume que las vías de menor nivel jerárquico tienen menos redundancia.
				Media	Vías cantonales / Centro urbano	
				Alta	Caminos / Vereda / Caminos de tierra	
	Puentes		Tipo de puente	Baja	Vías Nacionales / Autopistas / Pavimentadas	Se asocia la presencia de puentes en vías no pavimentadas y con menor redundancia con una mayor vulnerabilidad.
				Media	Vías cantonales / Centro urbano	
				Alta	Caminos / Vereda / Caminos de tierra	
Equipamientos	Educación	Deslizamientos Inundaciones	Tipo de centro educativo	Baja	Colegio virtual	Se asocian los centros educativos presenciales con una mayor vulnerabilidad.
				Media	CINDEA / Colegio público / Colegio nocturno / CTP /	

Sector	Receptor	Amenaza	Indicador vulnerabilidad	Rangos		Criterio adoptado	
					Escuela nocturna / Escuela pública / IPEC / Telesecundaria	Se asocian igualmente los centros educativos para alumnos de preescolar o con necesidades especiales con una mayor vulnerabilidad.	
				Alta	Preescolar público / Centro especial / CAIPAD		
				Baja	-		
	Recurso hídrico		ASADAS	Media	ASADAS	Al no contarse con información específica de las ASADAS se asocian todas ellas con una vulnerabilidad media.	
				Alta	-		
				Baja	Bajos de lodo		
Áreas protegidas	Humedales	Sequías	Tipo de humedal	Media	Pantano arbustivo / Otros	Se asocian los tipos de humedal con una mayor necesidad de requerimientos hídricos de cada especie con una mayor vulnerabilidad.	
				Alta	Pantano herbáceo / manglar / lago / laguna / laguna costera / estero		
				Baja	Pasto en corredor biológico / otras coberturas		
	Áreas naturales		Sequías	Tipo de área natural en función de la susceptibilidad al riesgo de incendios	Baja		Se asocia un elevado factor de combustibilidad de la materia vegetal (y consecuentemente una elevada intensidad en la propagación del fuego) con una mayor vulnerabilidad. Igualmente, se asocian a las áreas silvestres protegidas con una mayor vulnerabilidad, por su importancia natural, cultural y/o socioeconómica, para cumplir con determinados objetivos de conservación y de gestión.

Por último, en relación con el procesado de la información geográfica, cada una de las capas de los indicadores ha sido clasificada en 3 categorías atendiendo a su grado de vulnerabilidad, las cuales a su vez se han traducido a una escala numérica para poder ser utilizada en el cálculo de riesgo. Las categorías y correspondencia numéricas se expresan en la siguiente tabla:

Grado de vulnerabilidad	Baja	Media	Alta
Escala numérica	1	2	3

10.3 Cálculo del riesgo

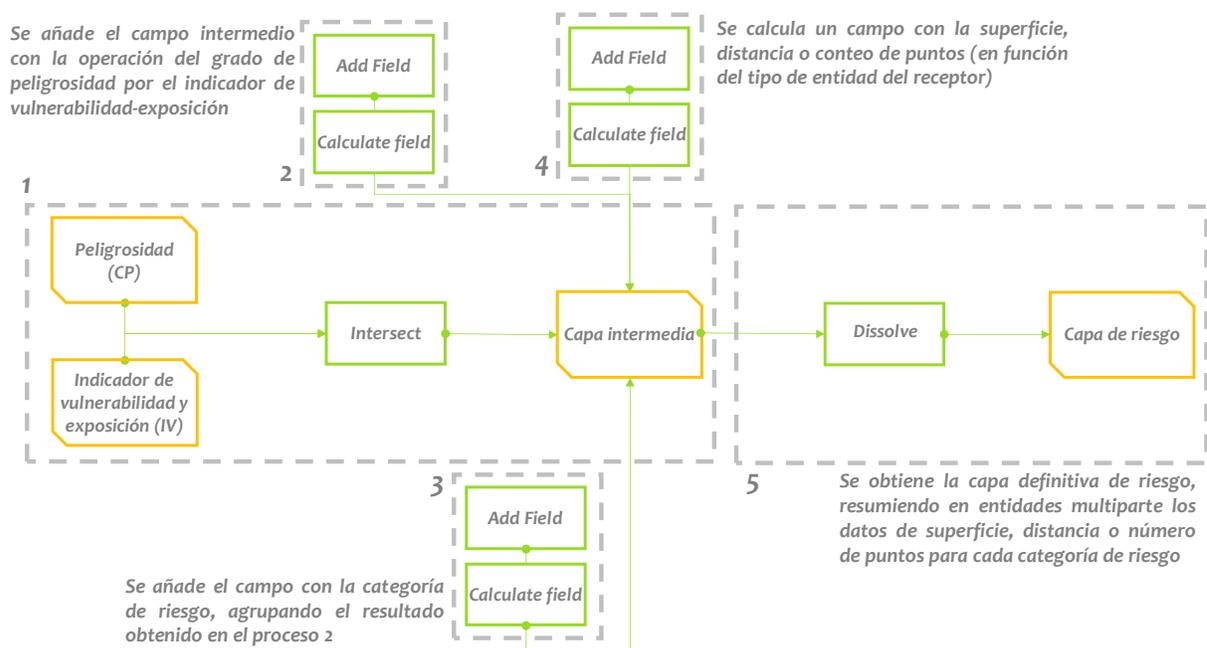
Una vez obtenidos y categorizados tanto los mapas de peligrosidad para las cuatro amenazas para los diferentes escenarios climáticos y horizontes, así como los indicadores de exposición y vulnerabilidad para los receptores estudiados, se procedió a la obtención del cálculo de riesgo. A continuación, se detallan de manera pormenorizada los pasos implicados en ese proceso. Para facilitar el entendimiento sobre los geoprocursos que se han efectuado con la información, se indica en cada punto la herramienta utilizada en el software que se ha empleado, en este caso ArcGIS en su versión 10.7.1.

1. Se realiza el proceso de intersección (herramienta *Intersect*) de la capa de Peligrosidad junto con la capa del indicador de Exposición y Vulnerabilidad, de manera que se obtiene una capa única con la información de ambos insumos combinada.
2. Se agrega un nuevo campo que contendrá la categoría de riesgo del receptor para la amenaza en cuestión. En ese campo se categoriza el resultado de la operación anterior (punto 2); de acuerdo con la siguiente matriz:

		Peligrosidad				
		Baja	Media Baja	Media	Media Alta	Alta
Vulnerabilidad y exposición	Baja	Bajo	Medio Bajo	Medio	Medio Alto	Medio Alto
	Media	Bajo	Medio Bajo	Medio	Medio Alto	Alto
	Alta	Medio Bajo	Medio	Medio Alto	Alto	Alto

3. Una vez obtenida la categorización del riesgo, dependiendo del tipo de entidad - polígono, línea o punto- se agrega un nuevo campo (*Add Field*) y se calcula (*Calculate Field*) la superficie, distancia o conteo de puntos del resultado, respectivamente.
4. Finalmente, sobre la capa resultante se aplica un geoproceso de disolución (*Dissolve*) en el que se resume en entidades multipartes la categoría de riesgo, obteniendo los datos totales de superficie, distancia o número de puntos, según aplique, para cada categoría de riesgo en cada uno de los receptores.

A modo de síntesis, el proceso se resume en el esquema a continuación. Cabe señalar que toda la información geográfica utilizada en los diferentes análisis de riesgos realizados para las cuatro amenazas, así como los mapas resultantes, se aportan en la geodatabase que se entrega adjunta con el informe.



11 Anexo 2. Proyecciones climáticas en Costa Rica

En Costa Rica, el IMN realizó los primeros escenarios regionalizados de cambio climático en 2012, y en el 2017 realizó una actualización de estos utilizando el modelo regional PRECIS. Igualmente, se realizó una tercera actualización en el año 2021 usando los escenarios de emisiones RCP2.6 y RCP8.5 en el periodo 2006-2099 para variables medias de temperatura y lluvia, poco apropiadas para caracterizar amenazas de carácter extremo. (<http://cglobal.imn.ac.cr/documentos/publicaciones/ProyeccionesEscenariosClimaticos/offline/ProyeccionesEscenariosClimaticos.pdf>).

Por otro lado, se cuenta con el Visor de Escenarios de Cambio Climático de Centroamérica (<https://centroamerica.aemet.es/>). Estos escenarios se desarrollaron para los escenarios de cambio climático: RCP2.6, RCP4.5, RCP6.0 y RCP8.5, así como para tres horizontes temporales: próximo (2011-2040), medio (2041-2070) y lejano (2071-2100). La resolución espacial del conjunto de los datos es de 0,5 grados (50 km x 50 km) para la regionalización dinámica (11 modelos), y de 0,25 grados (25 km x 25 km) para las regionalizaciones estadísticas de análogos o regresión (16 ó 17 modelos, respectivamente). Sin embargo, este conjunto de datos no presenta valores diarios que permitan obtener indicadores climáticos extremos, por lo que para la elaboración de este trabajo se emplearon las proyecciones facilitadas por la iniciativa NEX-GDDP (NASA Earth Exchange Global Daily Downscaled Projections) de la Administración Nacional de Aeronáutica y el Espacio (NASA, por sus siglas en inglés), en adelante NASA-NEX. La información contenida en NASA-NEX está alineada tanto en escenarios de cambio climático como en horizontes temporales con la generada por el IMN, con la ventaja de contar con una resolución espacial de 0,25 grados (25km x 25 km), datos diarios y mayor número de modelos climáticos regionalizados, lo cual permite caracterizar con un mayor detalle la variabilidad climática cantonal de Costa Rica.

NASA-NEX es un producto consolidado, que incluye proyecciones estadísticamente regionalizadas de datos diarios de temperatura (máxima y mínima) y de precipitación para los 21 modelos climáticos del proyecto CMIP5; y para dos trayectorias de emisión de gases: RCPs 4.5 y RCP 8.5 (véase la Tabla 41 para un listado de los modelos y su origen). Se trata de información de libre acceso a la cual se puede [acceder aquí](#).

La técnica estadística de regionalización (o escalado regional) empleada para generar NASA-NEX se basa en el método de corrección del sesgo por desagregación espacial (BCSD, en sus siglas en inglés) que, a su vez, usa datos combinados de reanálisis y observaciones históricas para la corrección (producto GMFD de la Universidad de Princeton). En conclusión, Las particularidades del conjunto de datos NASA-NEX proporcionan los datos necesarios para acotar y caracterizar las incertidumbres climáticas de la región de estudio, permitiendo generar escenarios, de precipitación y temperatura, más robustos y adecuados a los objetivos generales.

Tabla 42. Modelos climáticos incluidos en el ensamble NASA-NEX y sus características

Modelo	Centro	País	Resolución (original)		Resolución (NASA-NEX)	
			Lat (°)	Lon (°)	Lat (°)	Lon (°)
BCC-CSM1-1	GCESS	China	2.79	2.81	0.25	0.25
BNU-ESM	NSF-DOE-NCAR	China	2.79	2.81	0.25	0.25
CanESM2	LASG-CESS	Canadá	2.79	2.81	0.25	0.25
CCSM4	NSF-DOE-NCAR	USA	0.94	1.25	0.25	0.25
CESM1-BGC	NSF-DOE-NCAR	USA	0.94	1.25	0.25	0.25
CNRM-CM5	CSIRO-QCCCE	Francia	1.40	1.41	0.25	0.25
CSIRO-MK3-6-0	CCCma	Australia	1.87	1.88	0.25	0.25
GFDL-CM3	NOAAGFDL	USA	2.00	2.50	0.25	0.25
GFDL-ESM2G	NOAAGFDL	USA	2.02	2.00	0.25	0.25
GFDL-ESM2M	NOAAGFDL	USA	2.02	2.50	0.25	0.25
INMCM4	IPSL	Rusia	1.50	2.00	0.25	0.25
IPSL-CM5A-LR	IPSL	Francia	1.89	3.75	0.25	0.25
IPSL-CM5A-MR	MIROC	Francia	1.27	2.50	0.25	0.25
MIROC5	MPI-M	Japón	1.40	1.41	0.25	0.25
MIROC-ESM	MIROC	Japón	2.79	2.81	0.25	0.25
MIROC-ESM-CHEM	MIROC	Japón	2.79	2.81	0.25	0.25
MPI-ESM-LR	MPI-M	Alemania	1.87	1.88	0.25	0.25
MPI-ESM-MR	MRI	Alemania	1.87	1.88	0.25	0.25
MRI-CGCM3	NICAM	Japón	1.12	1.13	0.25	0.25
NorESM1-M	NorESM1-M	Noruega	1.89	2.50	0.25	0.25

Fuente: iniciativa NEX-GDDP de la NASA⁸.

Como fue mencionado anteriormente, el ensamble de NASA-NEX incluye las trayectorias de emisión de gases RCPs 4.5 y RCP 8.5. El escenario RCP 4.5 representa un "escenario de estabilización", en el que las emisiones de gases de efecto invernadero alcanzan su punto máximo alrededor de 2040 y luego se reducen. El RCP 8.5, en cambio, representa un escenario más pesimista en el que las emisiones no disminuyen a lo largo del siglo. Estos escenarios se seleccionan, generalmente, para analizar el riesgo climático ya que abarcan una amplia gama de posibles cambios futuros del clima, y por tanto de temperatura y precipitación.

Habitualmente, se utilizan periodos de 30 años para analizar los cambios climáticos medios, considerando las variaciones interanuales en la temperatura y las precipitaciones. Junto con los dos escenarios RCP anteriormente citados, las proyecciones se evalúan en los siguientes horizontes temporales, con el año central indicado (1990, 2030 y 2060):

- Período de referencia [1990]: 1975 – 2005.

⁸ Disponible en: <https://www.nccs.nasa.gov/services/data-collections/land-based-products/nex-gddp>

- Futuro cercano [2030]: 2015 – 2045.
- Futuro lejano [2060]: 2045 – 2075.

Para poder analizar su comportamiento, en este trabajo se han calculado los siguientes indicadores:

- Delta o anomalía de la temperatura: se calcula restando la medida del escenario futuro simulado (2015-2045 y 2045-2075) con la medida del periodo de referencia simulado (1979-2005).

$$\text{Anomalía de la temperatura (}^{\circ}\text{C)} = T^{\text{a}}_{\text{periodo futuro}} - T^{\text{a}}_{\text{periodo histórico}}$$

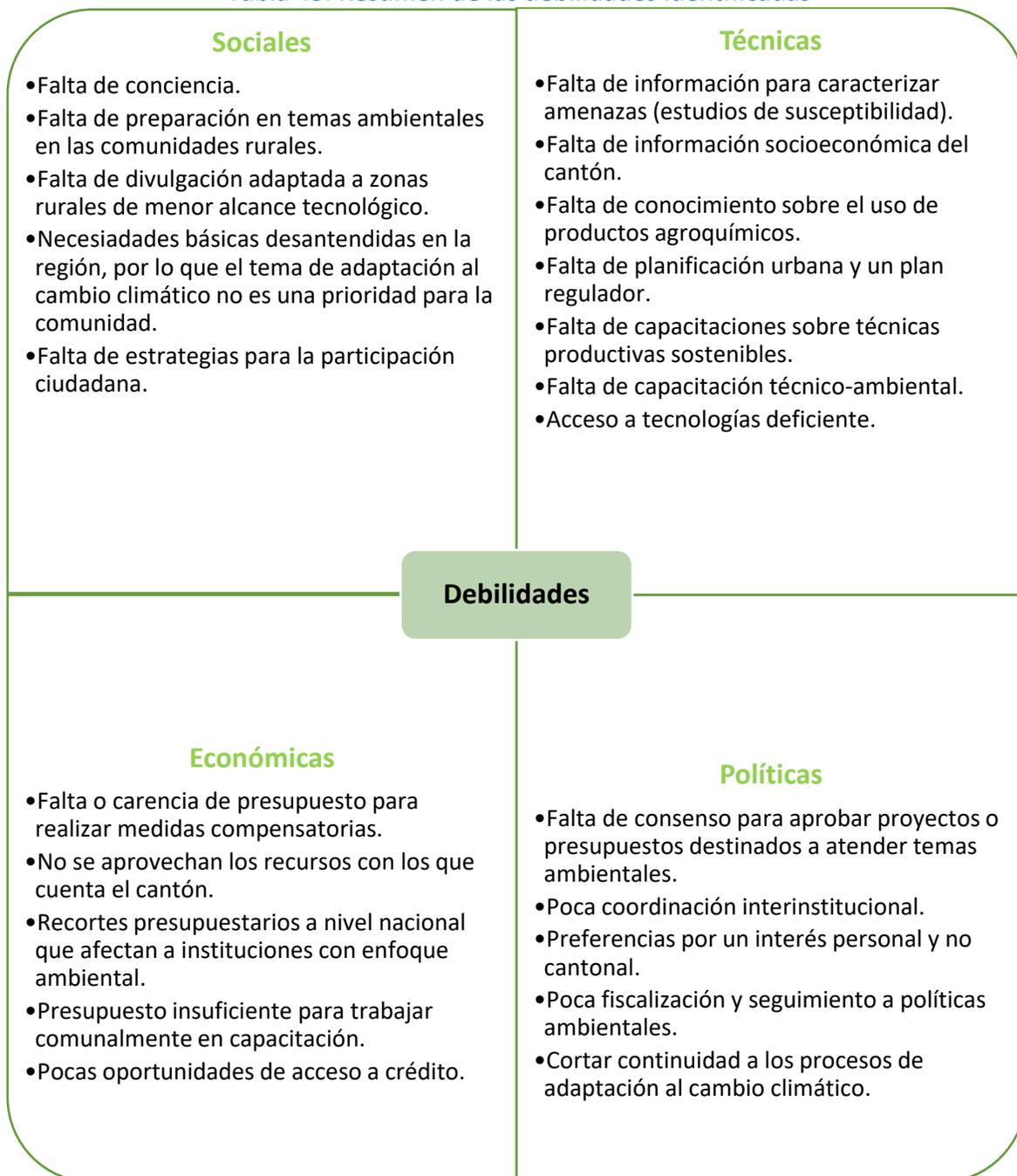
- Porcentaje de cambio de la precipitación: se obtiene calculando la diferencia del periodo futuro simulado (2015-2045 y 2045-2075) y el periodo histórico simulado (1975-2005), y después aplicándolo sobre el periodo histórico observado.

$$\text{Porcentaje de cambio de las precipitaciones (\%)} = \frac{(\text{Prec}_{\text{periodo futuro}} - \text{Prec}_{\text{periodo histórico}})}{\text{Prec}_{\text{periodo histórico}}} \times 100$$

12 Anexo 3. Análisis DAFO

A continuación, se muestran los principales resultados derivados del análisis de Debilidades, Amenazas, Fortalezas y Oportunidades (DAFO), desarrollado durante el taller 1. Los resultados se analizaron tomando en cuenta los aspectos sociales, técnicos, económicos y políticos.

Tabla 43. Resumen de las debilidades identificadas



Fuente: IDOM-CPSU

Tabla 44. Resumen de las amenazas identificadas

<p style="text-align: center;">Sociales</p> <ul style="list-style-type: none"> • Mezcla de culturas (migración). • Abandono de población por falta de empleo y recursos básicos (agua, luz, etc). • Aumento de la vulnerabilidad social por falta de acciones de ambientales. • Construcción en zonas vulnerables. • Adaptabilidad cultural de las personas al cambio climático. • Falta de educación ambiental. 	<p style="text-align: center;">Técnicas</p> <ul style="list-style-type: none"> • Falta de acceso a servicios de telecomunicación, lo que conlleva a una desinformación en un alto porcentaje de la población. • Inexistente o nula oferta de capacitación sobre el tema. • Falta de transversalidad de los temas ambientales. • Que no exista un seguimiento técnico al plan de adaptación.
<p>Amenazas</p>	
<p style="text-align: center;">Económicas</p> <ul style="list-style-type: none"> • Difícil situación económica del país que impide disponibilidad de recursos. • Aumento de condición de pobreza y falta de fuentes de trabajo. • Inversiones externas con falta de conciencia ambiental y falta de controles institucionales en normativa ambiental. • Prolongación de emergencia COVID-19 y que no se destinen recursos a estrategias de adaptación al cambio climático. 	<p style="text-align: center;">Políticas</p> <ul style="list-style-type: none"> • Cambio de gobierno local y nacional. • Cambio de enfoque local, nacional e internacional en temas ambientales con implementación de ideas innovadoras y sustentables. • Corrupción. • Verificación del cumplimiento de las políticas, leyes y reglamentos. • Falta de políticas para aumentar índices de desarrollo humano.

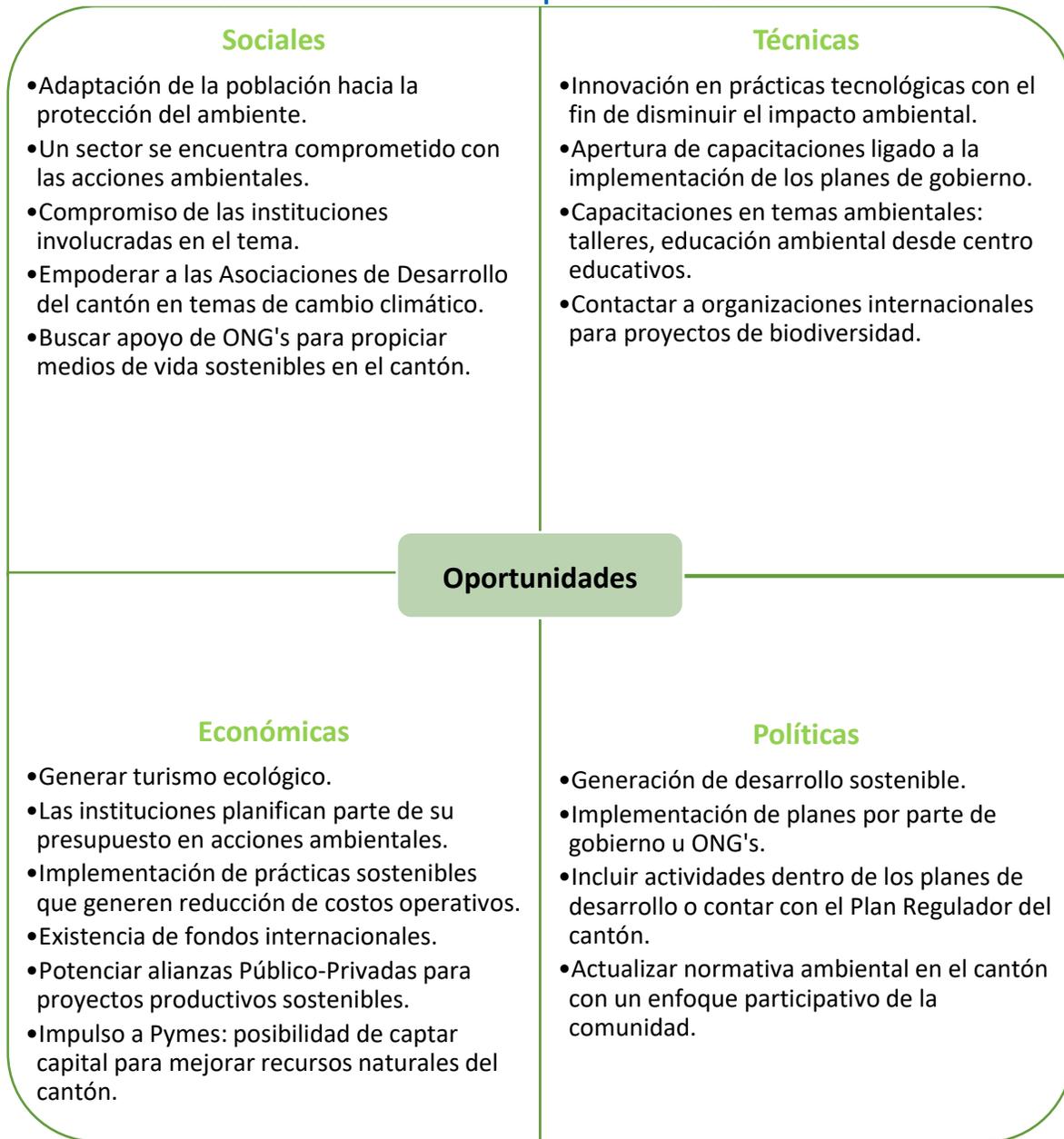
Fuente: IDOM-CPSU

Tabla 45. Resumen de las fortalezas identificadas



Fuente: IDOM-CPSU

Tabla 46. Resumen de las oportunidades identificadas



Fuente: IDOM-CPSU