

PLAN DE ACCIÓN PARA LA ADAPTACIÓN CLIMÁTICA

CANTÓN TURRIALBA

Producto 2. Diagnóstico

Febrero de 2022

El presente documento fue elaborado para la Municipalidad de Turrialba 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 de Naranjo, Turrialba, Belén y Acosta (NAP Costa Rica Región Central)

Empresas consultoras:



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 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	20
3.3 Planificación territorial y sectorial	24
3.4 Acciones climáticas en el cantón	26
4 Perfil climático.....	30
4.1 Clima histórico y registro de desastres asociados al clima.....	31
4.2 Proyecciones climáticas	38
4.3 Amenazas a considerar.....	40
4.4 Categorización de la peligrosidad	43
4.5 Receptores sensibles y cadenas de impacto	55
4.6 Exposición y vulnerabilidad.....	63
4.7 Caracterización y clasificación de riesgos climáticos	70
4.8 Capacidad adaptativa actual	82
5 Lineamientos estratégicos	85
5.1 Políticas y reportes nacionales en materia de acción climática	85
5.2 Análisis DAFO	87
5.3 Elementos estructuradores de la propuesta de adaptación	89
6 Avances en el proceso participativo	92
6.1 Avances hasta la fecha	92
6.2 Mapeo de actores	96
7 Siguiendo pasos	98
8 Conclusiones y recomendaciones.....	101
9 Referencias	104
10 Anexo 1. Metodología para el análisis de riesgos	105
10.1 Peligrosidad	105
10.2 Exposición y vulnerabilidad.....	115
10.3 Cálculo del riesgo.....	121
11 Anexo 2. Proyecciones climáticas en Costa Rica	123
12 Anexo 3. Análisis DAFO.....	126



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)
CENIGA	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
IFAS	Índices de Fragilidad Ambiental
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 y corredores biológicos	19
Figura 3. Usos del suelo 2020	23
Figura 4. Conceptualización del riesgo climático	30
Figura 5. Precipitación media anual en Turrialba	32
Figura 6. Temperatura máxima media anual en Turrialba	34
Figura 7. Temperatura mínima media anual en Turrialba	35
Figura 8. Climodiagrama	36
Figura 9. Mapa de amenazas de la CNE.....	41
Figura 10. Mapa de peligrosidad de inundaciones.....	46
Figura 11. Mapa de peligrosidad de deslizamientos	49
Figura 12. Mapa de peligrosidad de sequías	52
Figura 13. Mapa de vulnerabilidad de la población	67
Figura 14. Mapa de vulnerabilidad de del hábitat urbano	68
Figura 15. Composición espacial del riesgo climático	70
Figura 16. Mapa de riesgo de inundaciones sobre población y hábitat urbano (periodo de referencia y escenario RCP 4.5 para ambos horizontes temporales)	74
Figura 17. Mapa de riesgo de inundaciones sobre vías y ferrovías (periodo de referencia y escenario RCP 4.5 para ambos horizontes temporales)	75
Figura 18. Mapa de riesgo de deslizamientos sobre población y hábitat urbano (periodo de referencia y escenario RCP 4.5 para ambos horizontes temporales)	78
Figura 19. Mapa de riesgo de sequías sobre sector agropecuario y humedales	80
Figura 20. Mapa de riesgo de olas de calor sobre población y hábitat urbano	82
Figura 21. Matriz de relevancia de actores	96
Figura 22. Índice de aridez promedio	111

Tablas

Tabla 1. Distribución de la población por distrito, sexo y zona.....	20
Tabla 2. Población activa por tipo de actividad.....	21
Tabla 3. Cobertura del suelo.....	22
Tabla 4. Cambios en el uso del suelo.....	22
Tabla 5. Eventos asociados al clima (1988-2019).....	36
Tabla 6. Proyecciones climáticas de precipitación en Turrialba	39
Tabla 7. Proyecciones climáticas de temperatura máxima en Turrialba	39
Tabla 8. Proyecciones climáticas de temperatura mínima en Turrialba	40
Tabla 9. Porcentajes de cambio de la variable R95p en Turrialba	44
Tabla 10. Porcentajes de cambio de la variable CDD en Turrialba	53
Tabla 11. Receptores sensibles.....	55
Tabla 12. Cadenas de impactos asociadas a las inundaciones	56
Tabla 13. Cadenas de impactos asociadas a los deslizamientos	58
Tabla 14. Cuantificación de daños por eventos organizado por receptores	59
Tabla 15. Cadenas de impactos asociadas a las sequías	60
Tabla 16. Cadenas de impactos asociadas a las olas de calor	61
Tabla 17. Impactos indirectos sobre la población en situación de vulnerabilidad frente al cambio climático.....	62
Tabla 18. Indicadores de análisis de las amenazas	64
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	73
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	77
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	79
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	81
Tabla 23. Lineamientos contenidos en la PNACC	86
Tabla 24. Fundamentos del análisis DAFO	88
Tabla 25. Esquema de actividades previsto	92
Tabla 26. Personas asistentes a la Reunión Técnica 1.....	93
Tabla 27. Personas asistentes a la Reunión Técnica 2.....	94
Tabla 28. Personas asistentes al Taller 1	95
Tabla 29. Relevancia de actores identificados	97
Tabla 30. Categorización de la evolución prevista de la peligrosidad asociada a lluvias intensas.....	106
Tabla 31. Categorización de pendientes como criterio para la componer la peligrosidad espacial de inundaciones.....	107
Tabla 32. Peligrosidad a inundaciones	107
Tabla 33. Clasificación de los niveles de peligrosidad asociados a inundaciones.....	108

Tabla 34. Categorización de pendientes como criterio para la componer la peligrosidad espacial de deslizamientos	109
Tabla 35. Peligrosidad a deslizamientos.....	109
Tabla 36. Clasificación de los niveles de peligrosidad asociados a deslizamientos	110
Tabla 37. Categorización de la aridez	112
Tabla 38. Categorización de la evolución prevista de la peligrosidad asociada a déficit de lluvias	113
Tabla 39. Clasificación de los niveles de peligrosidad asociados a déficit de lluvias	113
Tabla 40. Categorización de la evolución prevista de la peligrosidad asociada a olas de calor	115
Tabla 41. Modelos climáticos incluidos en el ensamble NASA-NEX y sus características..	124
Tabla 42. Resumen de las debilidades identificadas	127
Tabla 43. Resumen de las amenazas identificadas	128
Tabla 44. Resumen de las fortalezas identificadas.....	129
Tabla 45. Resumen de las oportunidades identificadas.....	130

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 IPPC 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.

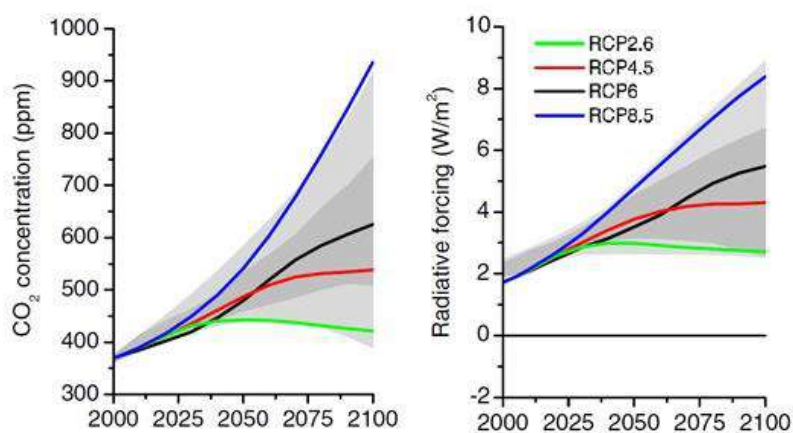


Figura 1. Escenarios de trayectorias de concentración representativas (van Vuuren et al. 2011)

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 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 serie de lineamientos metodológicos que se pretende llevar a la práctica en una serie de 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 Naranjo, Turrialba, Belén y Acosta (NAP Costa Rica Región Central)".

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 de Turrialba. 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 Turrialba (PAAC).

3.1.1 Topografía, geología y geomorfología

La altitud promedio del cantón es de 1.000 msnm y en su territorio se encuentran dos de los picos más altos del país, el Volcán Turrialba a 3.340 msnm y el Cerro Chirripó a 3.820 msnm.

Presenta seis unidades geomórficas, que son:

- **Unidad de origen tectónico y erosivo:** se manifiesta en la cordillera de Talamanca, que discurre por gran parte de la región.
- **Unidad de origen volcánico:** se divide en dos unidades, volcán Turrialba y volcán Irazú.
- **Unidad originada por remoción en masa:** está representada por los deslizamientos de lajas y chitaría de Peralta, localizada al oeste de la ciudad de Turrialba, los poblados de Pavas, Roncha y parte del límite oeste del cantón.
- **Unidad de sedimentación aluvial:** se divide a su vez en las subunidades de valle de Turrialba, altiplano de Moravia de Chirripó y abanicos de los ríos Chirripó y Zent.
- **Unidad de origen estructural:** se divide en seis subunidades y se encuentran al este del cantón.
- **Unidad de origen glaciárico:** se manifiesta en las formas de erosión y depositación glaciárica, ubicada en el cerro Chirripó y la loma Encerrada.

En cuanto a sus materiales, este cantón está constituido por materiales del período Terciario y Cuaternario, siendo las predominantes las rocas sedimentarias del Terciario.

3.1.2 Hidrología

El sistema fluvial del cantón corresponde a las subvertientes Caribe y Norte de la vertiente del Caribe. A la subvertiente del Caribe pertenecen las cuencas de los ríos Pacuare, Reventazón, Parismina y Matina.

Los ríos y quebradas que componen la cuenca del río Pacuare nacen en las laderas de la cordillera de Talamanca y tienen dirección suroeste-noreste y sureste-noroeste.

Algunos de los de las cuencas del río Reventazón y Parismina, nacen en las laderas del volcán Turrialba, las filas Rincón de la Esperanza y Atirro.

Por último, los ríos de la cuenca Matina nacen en las laderas de la cordillera de Talamanca.

3.1.3 Áreas de especial protección

En el cantón de Turrialba existen zonas que presentan algún tipo de régimen de protección especial. Estas se diferencian en humedales, Áreas Silvestres Protegidas y Territorios Indígenas, y representan un 63% de la superficie cantonal.

- **Humedales:**

La superficie total de humedales en el cantón es de 7,05 km², y se encuentran solamente en los distritos de Turrialba, La Suiza, Tres Equis y Chirripó.

- **Áreas Silvestres Protegidas:**

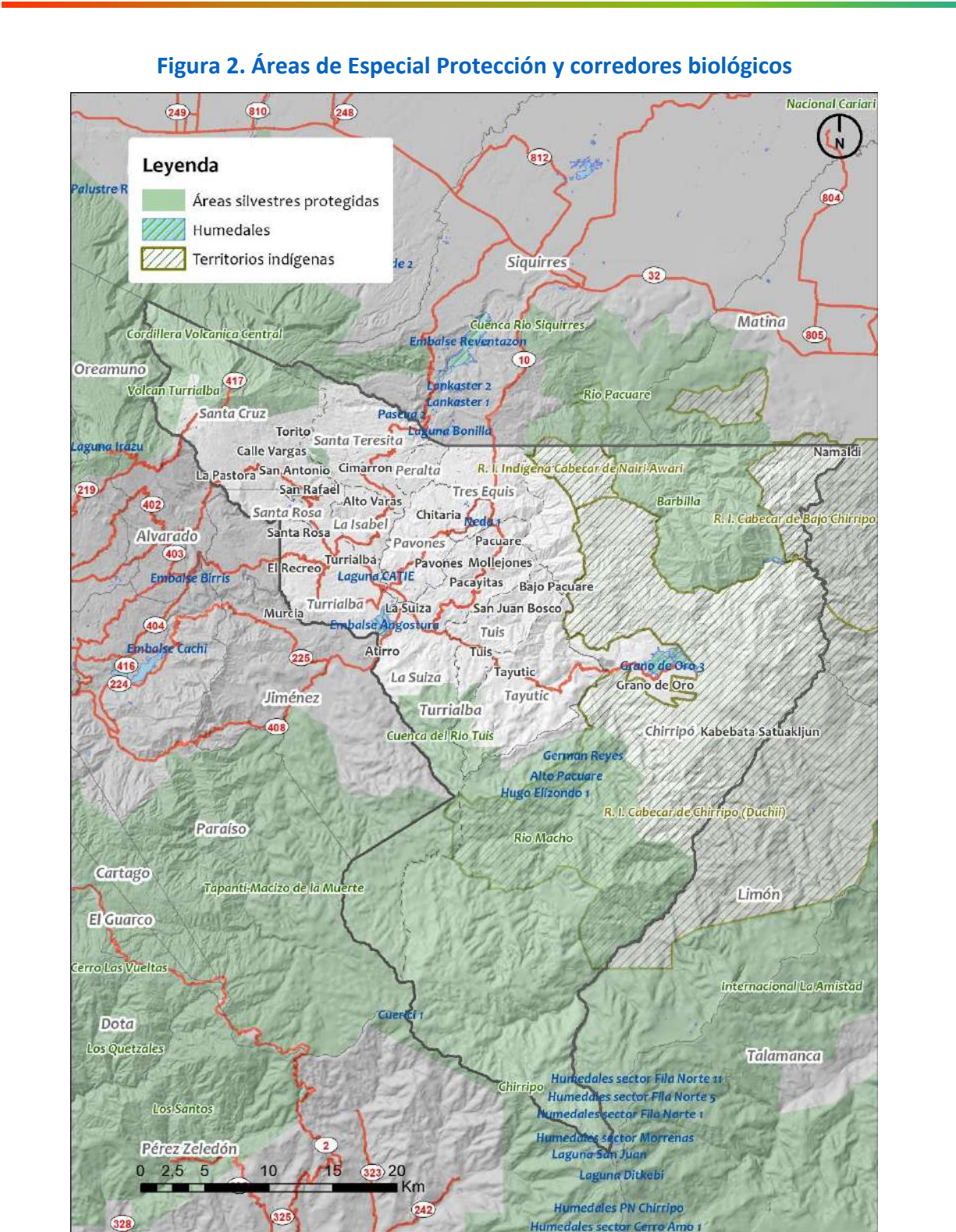
Más de 694 km² del cantón corresponde con Áreas Silvestres Protegidas (ASP). Entre estas áreas destacan la Reserva Forestal Río Macho (186 km²), el Parque Nacional Tapantí-Macizo de la Muerte (158 km²), el Parque Nacional Chirripó (124 km²) y el Parque Nacional Barbilla (105 km²). Con menor entidad en el cantón se encuentra el Monumento Nacional Guayabo, el Volcán Turrialba, las Reservas Forestales Río Pacuare y la Cordillera Volcánica Central, y la zona protectora de la Cuenca del río Tuis.

- **Territorios Indígenas:**

El Territorio Indígena en este cantón corresponde con casi el 33% de su superficie. Estas pertenecen al pueblo Cabécar y son: Nairi-Awari, Chirripó y Bajo Chirripó.

Sin régimen de protección se encuentran los corredores biológicos, que dada su importancia en el cantón como vía de comunicación y de intercambio entre especies entre las áreas de especial protección y el resto del territorio, resulta de interés mencionarlo en este apartado. Además, están impulsados por el SINAC y corresponden con la segunda estrategia de conservación más importante. En este caso se localizan los siguientes corredores:

- C55. Volcánica Central Talamaca



Fuente: IDOM-CPSU (2021).

3.2 Caracterización socioeconómica

3.2.1 Población

Los datos del último censo oficial publicado en 2011 por el INEC indican que la población total en el cantón de Turrialba es de 69.616 habitantes, de los que 34.415 son hombres (49,4%) y 35.201 mujeres (50,6%). La distribución por distritos es desigual, siendo el distrito de Turrialba el que cuenta con la mayor proporción de población (38%) y Peralta el que menos (0,7%).

En ese año, más del 57% de la población se encontraba en zonas urbanas, definidas estas por el INEC como las que se caracterizan por cuadrantes claramente definidos, calles, aceras, servicios urbanos (alumbrado público o recolección de basura) o la presencia de actividades económicas. Al respecto cabe señalar que los distritos de Peralta, Santa Cruz y Chirripó no cuentan con zonas urbanas.

Como se muestra en la siguiente tabla (Tabla 1. Distribución de la población por distrito, sexo y zona), la mayor parte de la población vive en el distrito de Turrialba, con una diferencia muy significativa respecto al distrito de Peralta que es el que menor población aglutina.

Tabla 1. Distribución de la población por distrito, sexo y zona

Distrito	Total	Zona urbana		Zona rural	
		Mujeres	Hombres	Mujeres	Hombres
Turrialba	26.680	10.372	9.468	3.416	3.424
La Suiza	7.590	2.550	2.447	1.257	1.336
Peralta	511	-	-	224	287
Santa Cruz	3.208	-	-	1.529	1.679
Santa Teresita	4.744	192	186	2.190	2.176
Pavones	4.331	1.359	1.373	778	821
Tuis	2.837	553	511	867	906
Tayutic	2.374	573	561	582	658
Santa Rosa	5.232	1.990	1.914	694	634
Tres Equis	1.808	348	349	540	571
La Isabel	6.116	2.640	2.560	441	475
Chirripó	4.185	-	-	2.106	2.079
Total	69.616	20.577	19.369	14.624	15.046

Fuente: INEC (2011).

En cuanto a la densidad de la población, el promedio en el 2011 era de 42,4 hab/km², y esta a nivel de distrito es muy diferente entre sí, encontrándose densidades superiores a los 300 hab/km² en los distritos de La Isabel y Turrialba, y por debajo de los 25 hab/km² en los distritos de Tayutic y Chirripó. Los datos del INEC también muestran que casi el 82% del territorio contiene el 90% del total de la población del cantón, lo que se perfila un cantón con una distribución desconcentrada de la población.

3.2.2 Actividades productivas

Las actividades productivas se estructuran en tres sectores: primario, secundario y terciario. En el cantón de Turrialba predomina el sector terciario con un 61% de las empresas dedicadas a este, seguido del sector primario con un 22% y el secundario en último lugar con un 17%.

Según los datos del Centro Agropecuario (INEC, 2014), en el sector primario la principal actividad es la agrícola, con casi el 60% del total. La actividad pecuaria presenta el 38% y otras actividades como el turismo rural o la protección de los bosques naturales, el 3%.

- **Sector primario:** en relación con las actividades agrícolas, el cultivo de café es el predominante con un 32% de la superficie del cantón dedicado a tal fin, seguido del cultivo de caña (20%), de banano (16%) y el cultivo de pino (8%). En cuanto a las actividades pecuarias, predomina el ganado vacuno para la producción de leche y de carne.
- **Sector secundario:** este sector se encuentra especialmente representado en la zona de Sandoval y Bonilla Arriba de Santa Teresita; y en San Rafael, Guayabo Arriba y Bajos de Bonilla en Santa Cruz.
- **Sector terciario:** estas empresas se localizan principalmente en el distrito de Turrialba, 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	1.964
Sector secundario	2.836
Sector terciario	10.118
Total	14.918

Fuente: Elaboración propia con información de la Caja Costarricense de Seguro Social/CCSS (2019).

3.2.3 Usos del suelo

Según los datos del Censo Nacional Agropecuario de 2014, que es el más actualizado, el 60% del área productiva del cantón está dedicada a la agricultura y a los cultivos forestales y el 38% a la producción pecuaria. La cobertura y usos se distribuye del siguiente modo:

Tabla 3. Cobertura del suelo

Actividad agropecuaria y forestal	Uso actual (ha)
Agrícola	29.475
Pecuario	18.546
Forestal	-
Conservación	1.417
Total	49.438

Fuente: CENAGRO (2014).

Por otro lado, acorde con 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 por la actividad humana puesto que, como se ve en la Tabla 4Tabla 4. Cambios en el uso del suelo, ha habido un detrimento de la superficie de vegetación natural y semi-natural que ha sido ocupada por cultivos y áreas urbanas, principalmente. La Figura 3 muestra el mapa de usos del suelo en 2020.

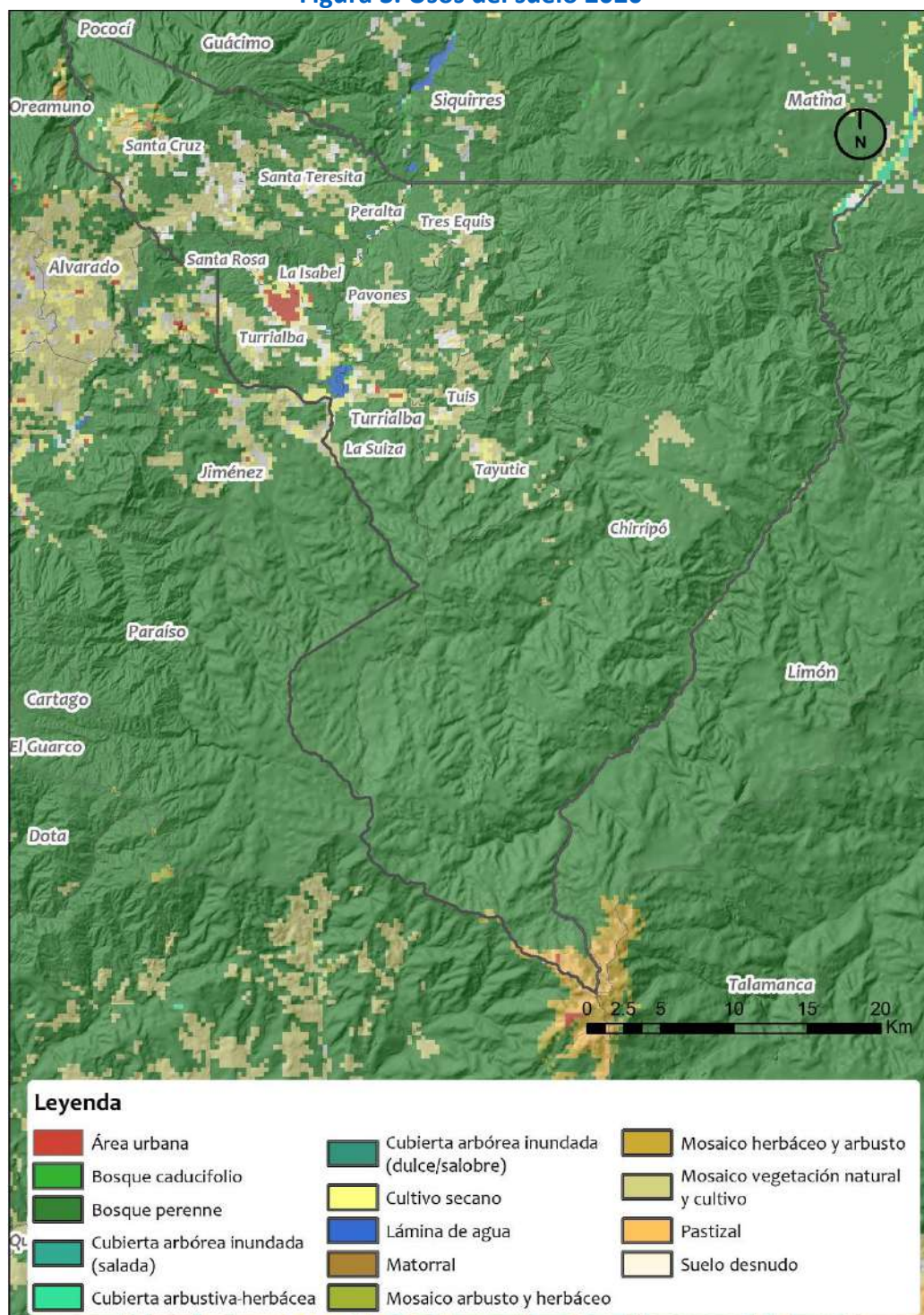
Tabla 4. Cambios en el uso del suelo

Cobertura	2000 (%)	2020 (%)	Tasa de cambio (%)
Cultivos	8,50	9,97	1,47
Vegetación natural y semi-natural terrestre	90,89	89,21	-1,68
Matorral	0	0,02	0,02
Herbazal	0,22	0,26	0,04
Vegetación natural y semi-natural acuática	0,06	0,09	0,03
Áreas urbanas	0,16	0,31	0,15
Suelo desnudo	0,01	0,01	0
Láminas de agua	0,14	0,14	0
Total	100	100	-

Fuente: IDOM-CPSU (2021) a partir de los datos de European Space Agency (ESA)¹ (2020).

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

Figura 3. Usos del suelo 2020



Fuente: IDOM-CPSU (2021) a partir de los datos de European Space Agency (ESA)² (2020).

² Disponible en: <https://cds.climate.copernicus.eu/cdsapp#!/dataset/satellite-land-cover?tab=overview>

3.3 Planificación territorial y sectorial

El cantón de Turrialba cuenta con instrumentos específicos en materia de planificación a nivel territorial y sectorial, y algunos de sus ejes u objetivos intersecan con las cuestiones de cambio climático y resiliencia del cantón. Se encuentran vigentes los siguientes:

- **Plan de Desarrollo Rural del Territorio Turrialba-Jiménez 2015-2020**

Es el instrumento rector de la Planeación y Gestión del Desarrollo del Territorio cuya visión es “Ser un territorio organizado, donde se cuente con una infraestructura vial, educativa, de salud y productiva de primer nivel, con acciones estructuradas y en armonía con el entorno, de capacitación y formación del recurso humano, de producción en congruencia con la sostenibilidad ambiental, y en procura de obtener una mejor calidad de vida de la población”.

El objetivo general de este Plan es estimular las potencialidades del territorio en sus distintas dimensiones donde se fomente la mejora de la calidad de vida de las personas. Las iniciativas de inversión en el territorio están estructuradas en estas dimensiones:

- Dimensión ambiental
- Dimensión social
- Dimensión político institucional
- Dimensión cultural
- Dimensión económica

Este incluye el cambio climático como una amenaza, puesto que tiene un impacto sobre las actividades productivas y humanas como la disponibilidad de agua. Para dar respuesta a esta, buscan promover de forma ordenada y responsable el uso del territorio, con el punto de vista puesto en la mejora de las capacidades de mitigación y adaptación ante el cambio climático.

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

Este Plan supone la definición de la estrategia local de desarrollo cuyo punto objetivo es lograr el territorio que se imaginan sus habitantes en este plazo de 10 años. La visión que refleja un “cantón que brinda a sus habitantes las mejores oportunidades para su desarrollo integral, con empleos de calidad, innovación, competitividad y el aprovechamiento sostenible de su patrimonio natural, paisajístico y ancestral, único en el país”.

Esta se vertebra sobre siete áreas estratégicas de desarrollo sobre los que se definen objetivos específicos:

- Desarrollo económico sostenible
- Desarrollo sociocultural
- Seguridad humana

- Educación
- Servicios públicos
- Gestión ambiental y ordenamiento territorial
- Infraestructura

Entre sus objetivos está destinar esfuerzos para reducir la vulnerabilidad en el territorio frente a la sucesión de eventos.

- **Plan Estratégico Municipal 2016-2021**

Se trata de un instrumento enfocado en el medio plazo que asume la visión de desarrollo del municipio a largo plazo definida por el resto de planes y programas de escala mayor, cuya visión sobre la municipalidad de Turrialba es que esta “será el ente líder del cantón y reconocido en la Provincia de Cartago, con personal comprometido y calificado que generará las políticas de desarrollo integral, para mejorar la calidad de vida de los ciudadanos, mediante la consecución de proyectos por medio de la articulación de los actores sociales públicos y privados, a nivel local, regional y nacional”.

Define áreas estratégicas sobre los que se territorializan los objetivos y acciones específicas:

- Desarrollo institucional
- Equipamiento cantonal
- Ambiente
- Ordenamiento territorial
- Política social local
- Desarrollo económico local
- Servicios públicos
- Infraestructura vial

Algunas de las propuestas van encaminadas hacia la creación de incentivos para la adaptación al cambio climático de los sectores productivos o fomentar la carbono-neutralidad.

Por último, a nivel sectorial:

- **Plan de Gestión Integral del destino turístico 2019-2022**

El objetivo de esta herramienta de planificación es impulsar una gestión integral de destinos turísticos para generar condiciones que mejoren la competitividad del destino. Se busca con este que el cantón cuente con las condiciones turísticas adecuadas y se fortalezca este sector para que Turrialba se convierta en un polo de atracción de visitantes, siempre y cuando se haga de forma sostenible con el medio. Su visión se plasma en que “Turrialba será un destino donde los turistas compartan experiencias inolvidables en turismo rural, aventura y cultura”.

El desarrollo de actividades que mejoren las circunstancias socioeconómicas de la población contribuye al refuerzo de la capacidad de adaptación del cantón.

- **Plan de Conservación y Desarrollo de la Red Vial Cantonal 2019-2023**

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. Las políticas estratégicas que establece son:

- Conservar y mejorar la infraestructura vial.
- Mejorar la conectividad de los caminos a nivel distrital y cantonal.
- Fomentar convenios con otras instituciones para la atracción de recursos.
- Brindar el mantenimiento rutinario y periódico a las rutas de acceso a las zonas productivas del cantón para el incentivo del desarrollo económico y social.
- Mantenimiento de puentes y alcantarillas que aseguren la conectividad de las vías.
- Establecimiento de acciones que permitan desarrollar proyectos en armonía con el medio ambiente.

En este Plan se incluyen las cuestiones de eventos naturales y su afección a la red vial así como la conservación de la biodiversidad, dos ejes básicos a los que debe atender un territorio en aras de mejorar su capacidad de adaptación frente 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 clima³ 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.
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.

³ Disponible en: <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/climate-change-2/>

6. Cooperación entre países.

Desde Plan A se han monitoreado y evaluado las acciones iniciales de adaptación que la municipalidad de Turrialba está llevando a cabo. Estas muestran de forma actualizada y concreta las acciones que se están desarrollando. A saber (Ministerio de Ambiente y Energía, 2020):

- Financiamiento de IFAS (Índices de Fragilidad Ambiental) para Plan Regulador.
- Mapeos de zonas vulnerables y nacientes de agua en coordinación con el MINAE para analizar la información y tomar decisiones.
- Gestión de residuos: composteras, reciclaje y construcción de un centro de acopio para disminuir el aporte al relleno sanitario.

También se cuenta con otras acciones definidas para un escenario futuro:

- Mapear de forma más detallada zonas frecuentes por deslizamientos, desbordamientos, fallamiento local, entre otros en coordinación con otras instituciones como el MAG y el INDER.
- Mapeos con las ASADAS para la gestión y protección del recurso hídrico.
- Turismo sostenible.
- Ciclovías.

Por otro lado, el cantón ha definido algunas acciones climáticas en sus planes territoriales, lo que significa un primer acercamiento a esta cuestión de forma transversal. En la siguiente tabla se recogen algunas de estas:

Plan territorial/sectorial	Acción climática
Plan de Desarrollo Rural del Territorio Turrialba-Jiménez 2015-2020	Desarrollo de un Plan Territorial de Reforestación
	Fomentar la participación de las organizaciones locales
	Elaborar un Plan Maestro para el mejoramiento de las redes de acopio y distribución de agua potable
	Construcción de reservorios de agua
	Elaborar un plan de ordenamiento que tenga en cuenta las variables sociales, culturales, económicas, ambientales y políticas
	Aprovechamiento de desechos sólidos
	Plan Maestro de manejo de aguas residuales
	Compra de terrenos de protección de nacientes de las organizaciones e infraestructuras de las ASADAS
	Apoyar y asesorar a las municipalidades para realizar los índices de fragilidad ambiental
	Elaboración del Plan Regulador
	Mejorar tecnológicamente las prácticas de cultivos en ambientes que permitan disminuir los efectos nocivos del cambio climático
Plan Cantonal de Desarrollo Humano Local 2016-2026	Posicionar la producción de la agricultura orgánica e incentivar la creación y el fortalecimiento de asociaciones agroindustriales
	Formulación de un plan para el desarrollo turístico

Plan territorial/sectorial	Acción climática
	Planificación estratégica y prospección del PIB Verde para involucrar a los dueños para introducir un cambio de actividad sobre el territorio Generar actividades económicas que se puedan desarrollar simultáneamente a la preservación del inventario de recursos naturales Fortalecer las instituciones y los programas de la atención a las poblaciones en interés Sensibilizar a la población en general acerca de la accesibilidad e inclusión Actualizar y adecuar los programas educativos acordes a la evolución y a las nuevas necesidades del mercado laboral Promover la sostenibilidad financiera, ambiental y social para la prestación de servicios públicos Proteger efectivamente las zonas de recarga y las nacientes y recuperar los mantos acuíferos Establecer un sistema eficiente de alcantarillado pluvial y sanitario Capacitar y sensibilizar a la comunidad en relación con la gestión de los residuos sólidos y su impacto en el ambiente Formular el Plan Regulador e índices de fragilidad ambiental Determinar el énfasis de la gestión de los recursos naturales de la cuenca considerando el proceso de desarrollo socioeconómico local Promover la participación comunal mediante la inclusión de todo el tejido social y grupo de interés Determinar los efectos en relación con la parte río arriba y río abajo mediante el desarrollo sostenible de la cuenca Fortalecer la red vial cantonal Determinar el riesgo mediante el establecimiento previo de estudios de viabilidad ambiental y reducir las amenazas en los proyectos de planificación, desarrollo y levantamiento de obras e infraestructuras para no comprometer la seguridad humana Integrar la gestión de riesgo en el ordenamiento del territorio Articulación de la gestión de riesgo en cualquiera de las iniciativas de desarrollo de este Plan de Desarrollo Humano Promover la conformación de comités locales de emergencia Involucrar a las instituciones que conforman la Comisión Nacional de Emergencia mediante procesos de capacitación y asistencia técnica de manera sostenida a las comunidades y no solo cuando ocurren eventos
Plan Estratégico Municipal 2016-2021	Sensibilizar a la población para lograr la separación y recolección de residuos sólidos reciclables Continuar en la Educación Ambiental de la ciudadanía para asegurar una acción permanente del proyecto Ejecutar trabajos de mitigación en relación con los residuos Realizar campañas de reforestación y limpieza de estas áreas Mejorar los puntos de captación de agua potable Construir el sistema de alcantarillado en el casco central de la ciudad de Turrialba Incorporar programas de amplia participación ciudadana y seguimiento a los programas del PCDHL Desarrollar el Plan Regulador para el cantón

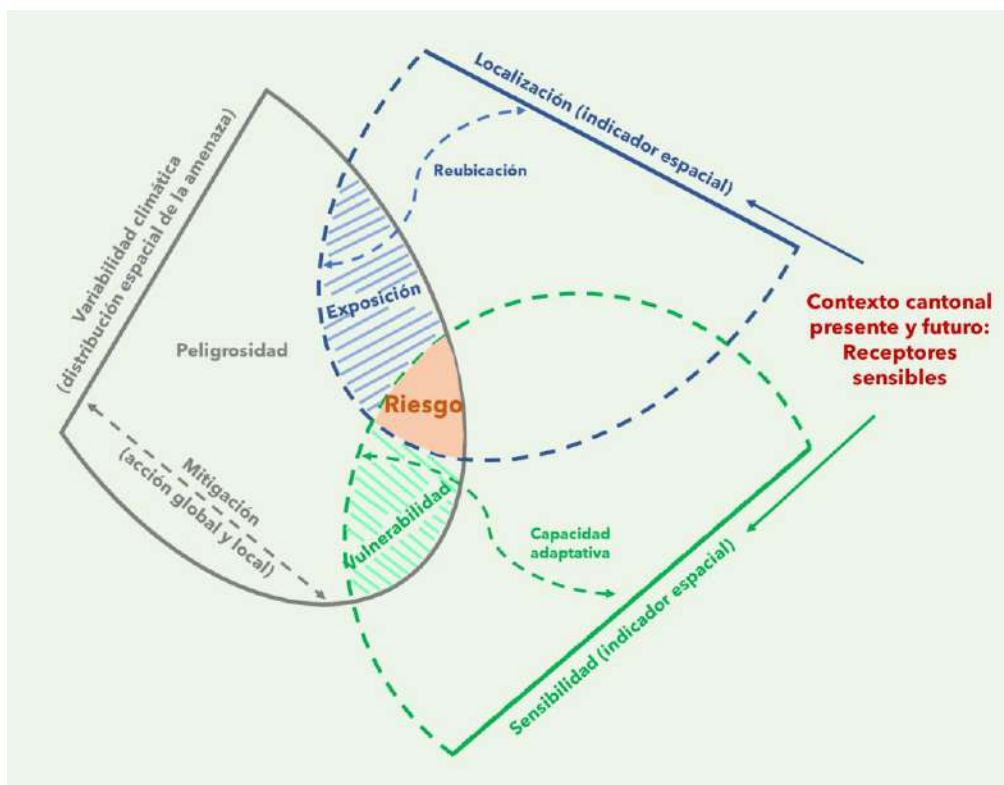
Plan territorial/sectorial	Acción climática
	Elaborar un plan de gestión de riesgos de desastres para el desarrollo de la infraestructura vial existente y futura
	Elaborar un plan de prevención y mitigación de riesgos para la pronta recuperación de la infraestructura vial

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 resiliente y 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 manejar.

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 se 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.

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 va a ser realizado por medio de indicadores espaciales, que serán construidos exclusivamente en base a 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

En la elaboración de este apartado se ha utilizado tanto información de estaciones meteorológicas del INM, 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.

El cantón de Turrialba presenta un tipo de clima tropical húmedo, característico de la región atlántica del país, que se caracteriza por precipitaciones elevadas por encima de los 2.500 mm al año y temperaturas elevadas. A continuación, se analizan las tendencias históricas de las precipitaciones, temperatura, así como desastres naturales.

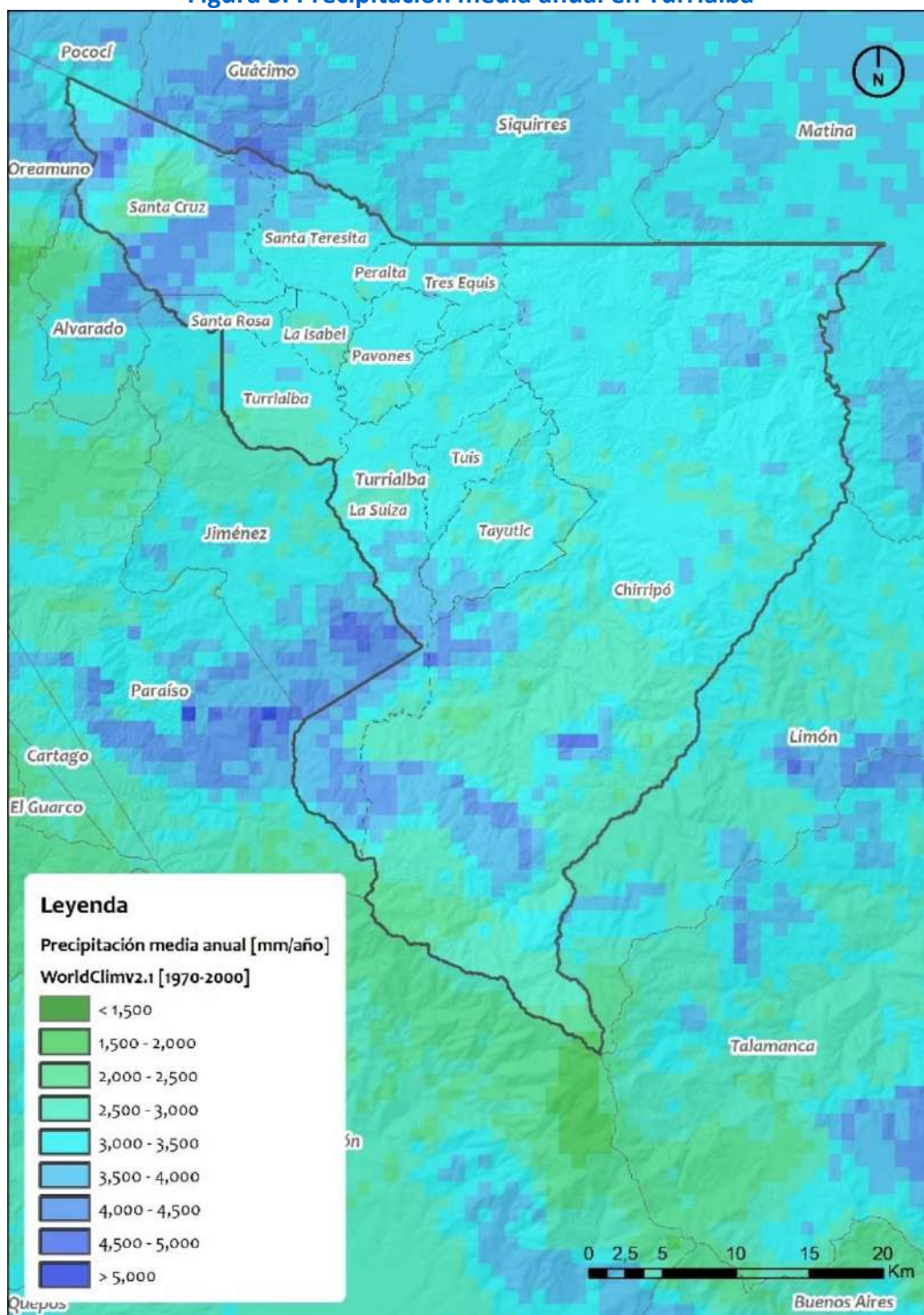
4.1.1 Precipitación

Las precipitaciones medias anuales en Turrialba tienen una variación de entre 2.000 mm hasta los 4.000 mm. Acorde con la información de la Dirección Nacional de Extensión Agropecuaria, la menor cantidad de lluvia ocurre en marzo, dentro del período seco que va de enero a abril. La mayor cantidad de precipitaciones se registra en el mes de junio, siendo el período lluvioso de mayo a diciembre.

La Figura 5 muestra la variabilidad espacial en el cantón de Turrialba. Se aprecia como, las lluvias más abundantes de aproximadamente a 4.000 mm anuales se registran en la zona noroccidental del cantón, en el distrito de Santa Cruz alrededor del Volcán Turrialba, así como en la zona sur en parte del distrito de Chirripó y La Suiza. El resto del territorio

cantonal tiene un promedio de precipitación más o menos uniforme, de aproximadamente 3.000 mm anuales.

Figura 5. Precipitación media anual en Turrialba



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

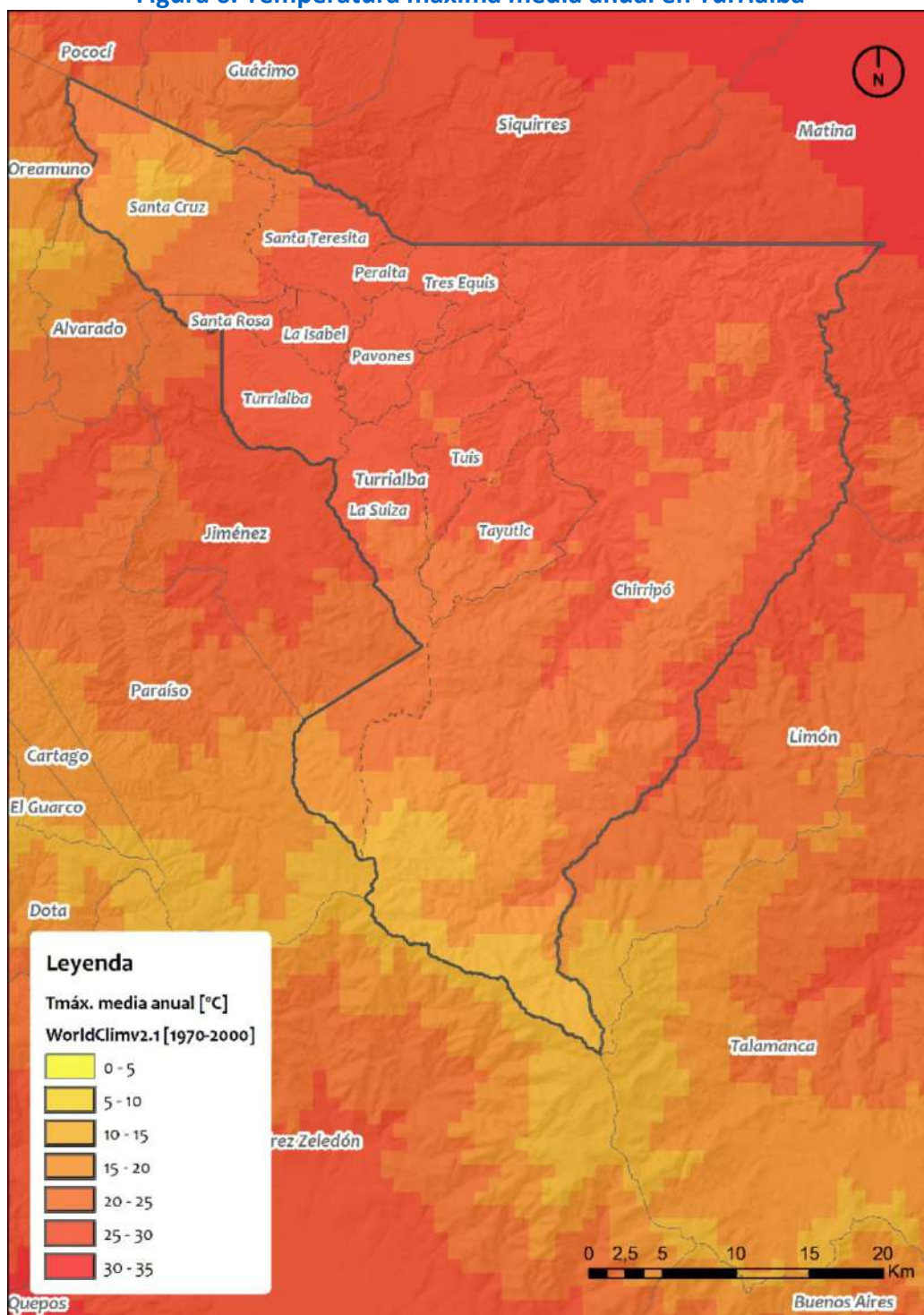
4.1.2 Temperatura

Según la Agencia de Servicios Agropecuarios de Turrialba (2009), la temperatura del cantón es de 27,1°C como máximo y de 17,9°C como mínimo, con un promedio de 21,7°C. Los promedios más bajos de temperaturas se dan entre los meses de enero y abril, y los mayores promedios entre mayo y diciembre.

Por otro lado, la siguiente gráfica muestra la variabilidad espacial de las temperaturas máximas medias anuales en el cantón de Turrialba.

Estas presentan una gran variabilidad entre los distintos ambientes que componen el cantón de Turrialba. La temperatura máxima media en general se encuentra por encima de los 25°C en todo el cantón, con máximos de hasta 29°C en la zona norte de los distritos de Peralta y Tres Equis. Sin embargo, hay dos zonas del cantón, en el Volcán de Turrialba al noroeste del cantón, y en la Cordillera de Talamanca al sur del cantón, donde las temperaturas máximas descienden hasta los 12-13°C.

Figura 6. Temperatura máxima media anual en Turrialba

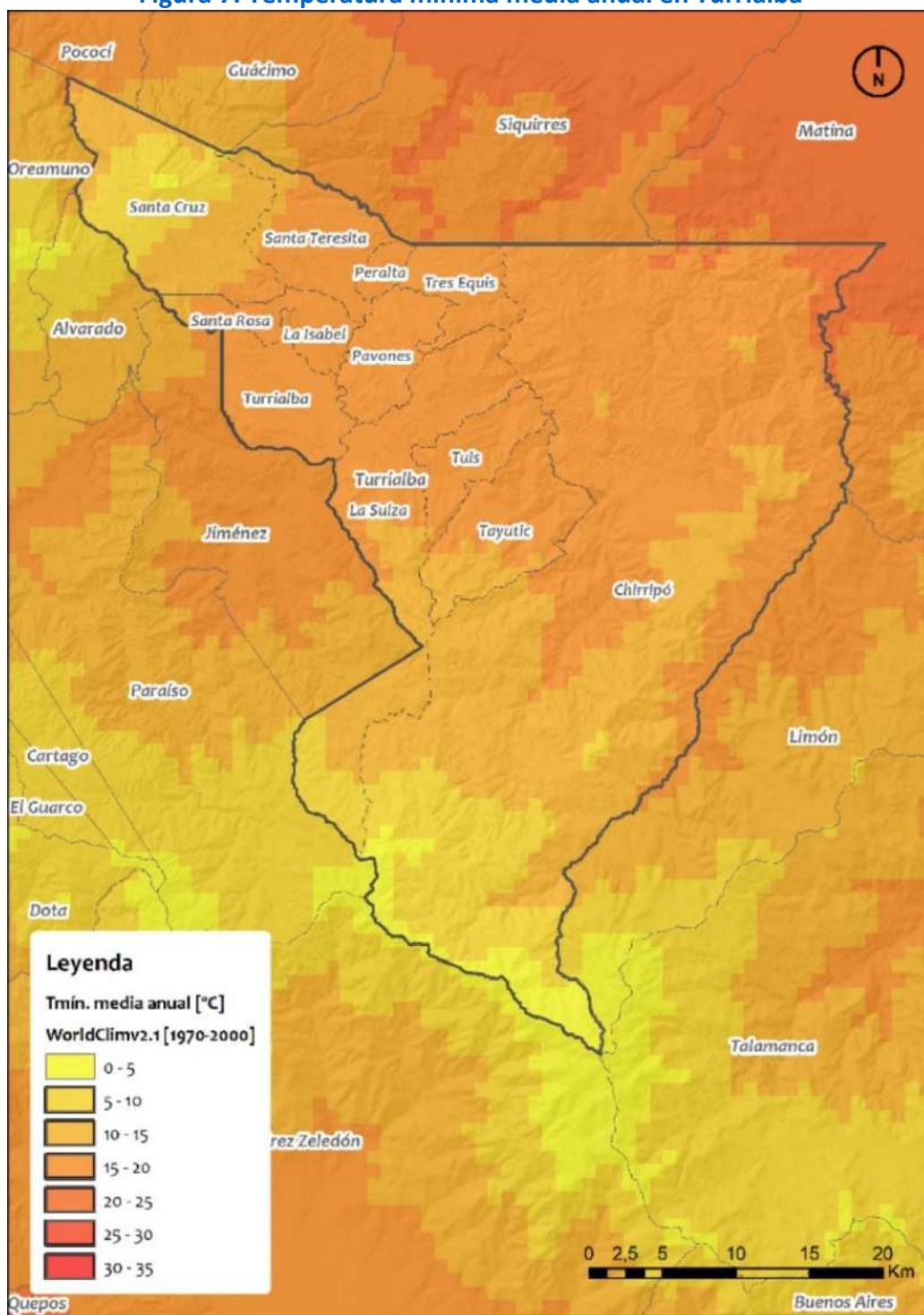


Fuente: IDOM-CPSU a partir de los datos de WorldClim (2021).

Del mismo modo, las temperaturas mínimas medias anuales siguen un patrón similar a las máximas, con una media de 14°C en la zona más central, hasta 19°C en la zona norte del cantón. Por otro lado, las zonas mencionadas anteriormente como el Volcán de Turrialba y

la Cordillera de Talamanca las temperaturas mínimas son relativamente más bajas descendiendo hasta los 3-5°C.

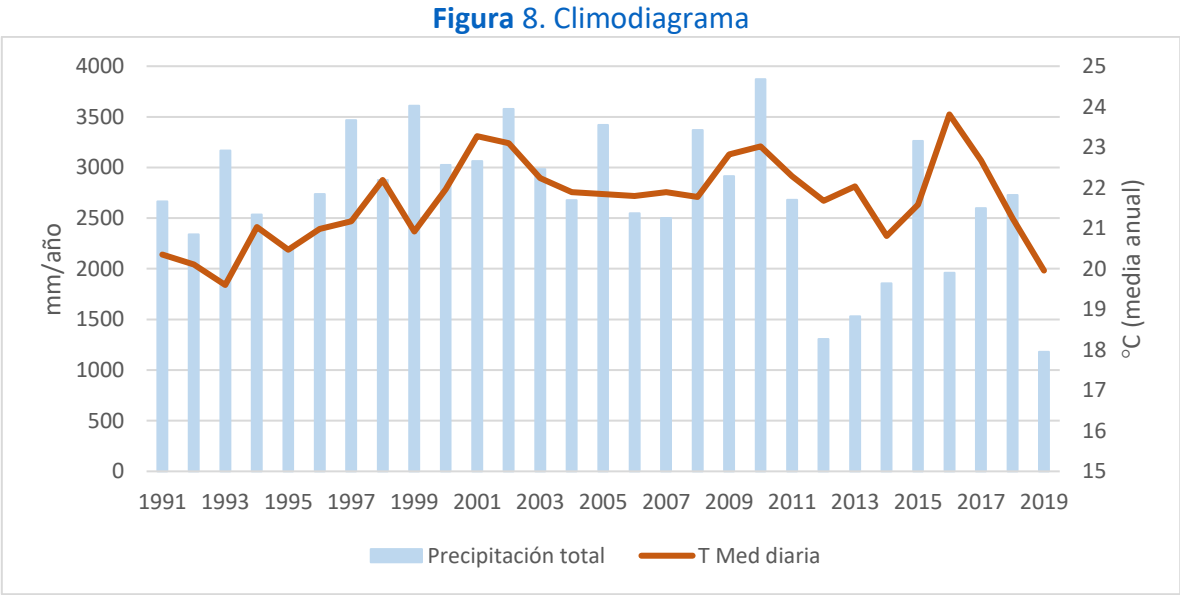
Figura 7. Temperatura mínima media anual en Turrialba



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

En base a los datos del Instituto Meteorológico Nacional (IMN), para la estación de Sitio Mata, que es la más próxima al cantón, se completa el siguiente perfil térmico y pluviométrico. Los datos recogidos corresponden con el período desde el año 1991 hasta el 2018, pero no todos los años tienen datos de todos los meses, aun así, se han considerado por tratarse de un cálculo promedio que refleja de modo aproximado la realidad. Cabe señalar que muchos días no se cuentan con datos de precipitación total diaria.

En la siguiente gráfica (Figura 8) se aprecia la tendencia histórica de la temperatura promedio desde 1991 hasta 2019. En ella se observa una ligera tendencia al aumento de esta variable durante el periodo de registro, siendo el año 2017 el que registra una mayor temperatura promedio de 24°C.



Fuente: IDOM-CPSU (2021) a partir de los datos del IMN (2019).

4.1.3 Eventos asociados al clima

En este cantón se han vivido a lo largo de la historia distintos eventos naturales que han tenido impactos en términos sociales y económicos, principalmente. 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 Turrialba son los siguientes:

Tabla 5. Eventos asociados al clima (1988-2019)

Nº	Evento	Tipo de evento	Año	Duración	Distrito
1	Plan Regulador cantones de Turrialba, Jiménez, Paraíso, Sarapiquí, Siquirres, Matina, Limón y Talamanca	Lluvias intensas	Dic 1993	6 días	-

Nº	Evento	Tipo de evento	Año	Duración	Distrito
2	Temporal del 12 al 14 de febrero 1996	Lluvias intensas	Feb 1996	3 días	Turrialba, Peralta, La Suiza, Santa Cruz, Santa Rosa, Santa Teresita, Tuis, Tayutic y Tres Equis
3	Inundaciones vertiente Caribe y Zona Norte del 3 al 7 de agosto de 1997	Lluvias intensas	Ag 1997	5 días	Turrialba, Peralta, Pavones, La Suiza, Santa Cruz, Santa Rosa, Santa Teresita, Tuis, Tayutic, Tres Equis y Chirripó
4	Fenómenos hidrometeorológicos	Lluvias intensas	Ag-Oct 1999	55 días	-
5	Lluvias semipermanentes e intensidad variable en vertiente Caribe y Norte	Lluvias intensas	Nov 2001	38 días	Turrialba, Peralta, Santa Cruz, Santa Teresita, Tayutic, Tres Equis y La Isabel
6	Emergencia 10 de mayo de 2002	Lluvias intensas	Mayo 2002	3 días	-
7	Inundaciones vertiente Atlántica	Lluvias intensas	Nov 2002	11 días	-
8	Inundaciones en la vertiente del Caribe y Zona Norte	Lluvias intensas	Dic 2003	3 días	Turrialba, La Suiza, Santa Cruz, Santa Teresita, Tuis, Tayutic, Santa Rosa y Tres Equis
9	Inundación en las provincias de Limón, Heredia, Cartago y Alajuela	Lluvias intensas	Enero 2005	14 días	Turrialba, La Suiza, Santa Cruz, Santa Teresita, Pavones, Tuis, Tayutic, Santa Rosa, Tres Equis y Chirripó
10	Inundaciones y deslizamientos por bajas presiones en Zona Norte y vertiente Caribe	Lluvias intensas	Jun 2007	10 días	La Suiza, Santa Cruz, Santa Teresita, Tuis y Tres Equis
11	Inundaciones en la vertiente Caribe por la interacción de baja y alta presión	Lluvias intensas	Nov 2008	15 días	La Suiza, Peralta, Santa Cruz, Santa Teresita, Pavones, Tuis y Tres Equis

Nº	Evento	Tipo de evento	Año	Duración	Distrito
12	Temporal y baja presión en Limón, Sarapiquí y Turrialba	Lluvias intensas	Jun 2015	8 días	Turrialba, La Suiza, Peralta, Santa Cruz, Santa Teresita, Pavones, Tuis, Tayutic, Santa Rosa, Tres Equis, La Isabel y Chirripó
13	Tormenta tropical Nate	Lluvias intensas	Oct 2017	5 días	Turrialba, Santa Cruz, Santa Teresita, Pavones y Chirripó

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 de aumento. En la Tabla 6 se aprecia como para el escenario RCP 4.5 hay un aumento de la precipitación media en ambos horizontes temporales (2030 y 2060), siendo algo superior en el periodo temporal más cercano.

Para el escenario RCP 8.5 la tendencia es similar pero más acentuada. Ambos horizontes temporales muestran un aumento de la precipitación media, sin embargo, el incremento en el horizonte temporal más cercano (2030) es aproximadamente el doble que el del horizonte temporal del año 2060 (8,33 % frente a 4,96 %). Del mismo modo, la anomalía también aumenta con relación al escenario climático RCP 4.5 y RCP 8.5.

Tabla 6. Proyecciones climáticas de precipitación en Turrialba

Índice	Escenario climático	Periodo temporal	Valor medio	Desviación	Valor mínimo	Valor máximo
Cambio en la precipitación media anual (%)	RCP4.5	2030	2,17 %	0,31 %	1,80 %	2,56%
		2060	1,38 %	0,28 %	1,08 %	1,75 %
	RCP8.5	2030	8,33 %	0,24 %	8,15 %	8,68 %
		2060	4,96 %	0,61 %	4,52 %	5,83 %

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, la temperatura máxima sufre un aumento progresivo en los diferentes periodos temporales (2030 y 2060). Para el RCP4.5 aumenta más de 1,5°C en el periodo temporal más lejano y para el escenario de emisiones RCP8,5 llega a superar los 2 grados de temperatura de incremento en el horizonte temporal asociado al 2060.

Tabla 7. Proyecciones climáticas de temperatura máxima en Turrialba

Índice	Escenario climático	Periodo temporal	Valor medio	Desviación	Valor mínimo	Valor máximo
Cambio en la temperatura máxima (°C)	RCP4.5	2030	0,88 °C	0,01 °C	0,87 °C	0,90 °C
		2060	1,53 °C	0,01 °C	1,52 °C	1,54 °C
	RCP8.5	2030	1,06 °C	0,00 °C	1,05 °C	1,06 °C
		2060	2,24 °C	0,01 °C	2,23 °C	2,26 °C

Fuente: IDOM-CPSU (2021)

Por otro lado, la temperatura mínima sigue un patrón muy similar al anterior. Para el escenario de emisiones RCP 4.5 hay un aumento de más de un grado y medio de temperatura. De nuevo, en el escenario de emisiones RCP 8.5 el aumento de la temperatura mínima llega hasta los 2,24°C. Del mismo modo, la anomalía también aumenta con relación al horizonte temporal siendo superior en el año 2060 con respecto al 2030 en ambos escenarios.

Tabla 8. Proyecciones climáticas de temperatura mínima en Turrialba

Índice	Escenario climático	Periodo temporal	Valor medio	Desviación	Valor mínimo	Valor máximo
Cambio en la temperatura mínima (°C)	RCP4.5	2030	0,88 °C	0,01 °C	0,87 °C	0,89 °C
		2060	1,52 °C	0,01 °C	1,50 °C	1,53 °C
	RCP8.5	2030	1,08 °C	0,01 °C	1,07 °C	1,08 °C
		2060	2,24 °C	0,02 °C	2,22 °C	2,25 °C

Fuente: IDOM-CPSU (2021)

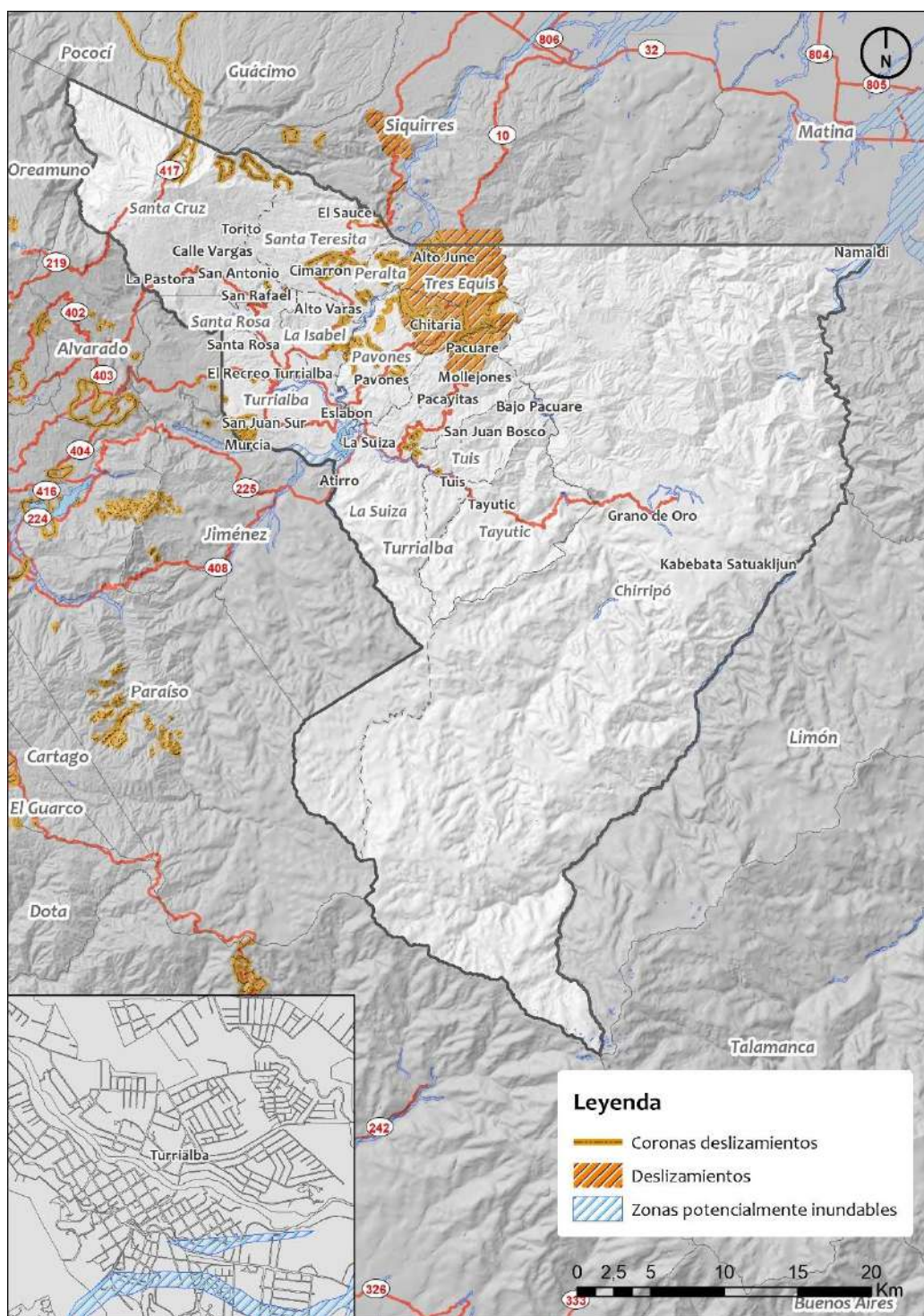
4.3 Amenazas a considerar

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 Turrialba, que son: inundaciones, deslizamientos, sequías, olas de calor.

Figura 9. Mapa de amenazas de la CNE



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

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 debido al desarrollo urbano desordenado, así como por la presencia de desechos sólidos a los cauces.

Como se ha comentado, este cantón tiene una red fluvial definida principalmente por los ríos Turrialba, Colorado, Aquiares, Reventazón, Tuis, Pacuare, Atirro, Guayabo; y las quebradas Poró, Gamboa, El Túnel y La Leona. Algunos de estos han disminuido su período de recurrencia de inundaciones a un año o incluso períodos menores debido a la ocupación de las planicies de inundación y el desarrollo urbano desordenado y sin planificar. Además, a esta situación se le suma el lanzamiento de desechos sólidos a los cauces, lo que reduce aún más la capacidad de la sección hidráulica, lo que provoca el desbordamiento de ríos y quebradas. Esta situación se ve empeorada por los serios problemas de construcción de viviendas cercanas a los ríos del cantón.

En definitiva, existen distintos factores topográficos, climatológicos, geológicos y antrópicos que contribuyen a incrementar los efectos de estas amenazas, como la intensidad de la precipitación, falta de desagües en las fincas, deforestación y sobrepastoreo, falta de dragado de cauces, viviendas al pie de laderas de fuerte pendientes o características fisicoquímicas de los materiales empleados.

Las zonas o barrios más afectados por las inundaciones de ríos y quebradas del cantón son La Alegría, Mon Río, La Margot, San Rafael, Turrialba Centro, Dominica, Pastor, Alto Cruz, Guaria, Repasto, Isabel, Aquiares, Tuis, La Suiza, Canadá, Leona, Esperanza, Atirro, Guayabo, Poró, San Cayetano y Américas.

4.3.2 Deslizamientos

Los deslizamientos pueden deberse a períodos de fuertes lluvias y su grado de incidencia dependerá de las pendientes, grado de deforestación y tipos de rocas. A continuación, se puede visualizar las zonas con susceptibilidad a deslizamientos delimitadas por la Comisión Nacional de Emergencias (CNE).

Hacia el norte del cantón existen fuertes pendientes en terrenos compuestos por la acumulación de materiales volcánicos. Los sectores más vulnerables son los que se ubican hacia los valles de los ríos, donde la pendiente es más acusada. El sureste también es especialmente vulnerable a este tipo de proceso. A raíz de las lluvias se han producido deslizamientos en poblaciones como Pavones, Chitaría y La Leona. En el caso del deslizamiento de la Quebrada La Leona, representa una amenaza grave tanto para el caserío de La Leona al oeste de La Suiza como para la carretera principal entre La Suiza y Tuis. También es importante mencionar el deslizamiento de Chiz, localizado cerca del poblado del mismo nombre, al suroeste del cantón. Del mismo modo resultan vulnerables a estos

procesos las partes altas de las cuencas de los ríos al sur del cantón, como Plejibaye, Humo, Atirro y Tuis.

Por último, es imprescindible señalar que merecen un control del uso del suelo lugares como Tres Equis, Neda, Blanco y Negro, Pacuare y Jesús María, entre otros.

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 un momento determinado. De forma más contundente afecta al normal desarrollo de las actividades del sector primario y a las áreas protegidas de este cantón.

4.3.4 Olas de calor

Las olas de calor se caracterizan por ser períodos de altas temperaturas que derivan en situaciones de estrés térmico.

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 provocada por esta situación incrementa la exposición de la población a mayores temperaturas diarias y nocturnas, por lo que aumenta el riesgo sobre la salud. Como se ha señalado en el apartado 0, en los últimos años la superficie de suelo urbano ha aumentado por lo que la incidencia de esta amenaza puede incrementarse 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 asociados a períodos de lluvias intensas, de déficit de lluvias y asociados a altas temperaturas.

La amenaza es calculada en función de la evolución temporal de una serie de estadísticos entre 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 Climdex⁴, para

⁴ <https://www.climdex.org/>

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 intensa conforman uno de los desencadenantes climáticos más recurrentes en este cantón, y tienen asociados 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 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).

En la Tabla 9 se aprecia el nivel de la amenaza correspondiente a los porcentajes de cambio previamente presentados. Como se observa, los porcentajes de cambio del escenario RCP4.5 están todos por debajo del 10%, así como para para el escenario RCP8.5 todos los valores están por debajo del 20%. En el primer caso, como se detalla en la Tabla 30, el nivel de amenaza se considera bajo, por lo que el aumento de días con lluvias extremas será poco significativo. En el segundo caso, con valores entre 10% y 20%, el nivel es medio bajo, lo que implica que se estima un aumento en este rango con respecto al número de eventos registrados en el período de referencia. Esto implica un aumento leve de los días de lluvia extrema.

Tabla 9. Porcentajes de cambio de la variable R95p en Turrialba

Índice	Escenario climático	Periodo temporal	Valor medio	Desviación	Valor mínimo	Valor máximo
Cambio en el R95p	RCP4.5	2030	6,39 %	1,57 %	4,84 %	8,55 %
		2060	6,78 %	1,13 %	5,93 %	8,38 %
	RCP8.5	2030	15,16 %	0,83 %	14,00 %	15,90 %
		2060	14,66 %	0,83 %	13,61 %	15,64 %

Fuente: IDOM-CPSU (2021)

4.4.1.1 Inundaciones

Las inundaciones es uno de los potenciales efectos asociados a los episodios de lluvias intensas. El estudio de la amenaza de inundación en la zona de estudio 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.

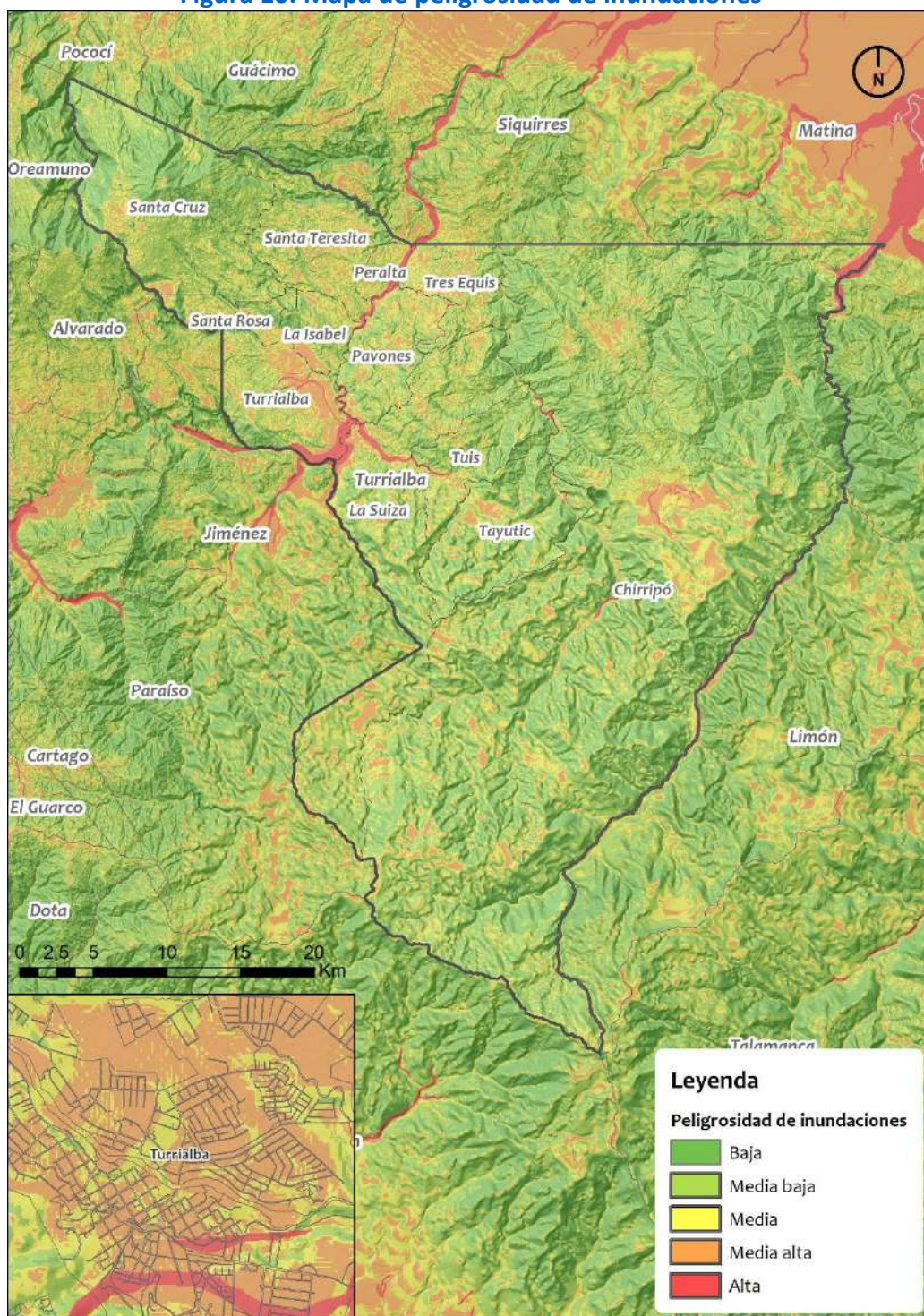
Por otro lado, se ha procedido a la generación de un mapa de susceptibilidad simplificado, obtenido a partir del mapa de pendientes. Así, las zonas con pendientes más bajas y asociadas a valles y depresiones (inferiores al 2%) son las que presentan una mayor probabilidad a anegamientos o desbordamiento de los cauces.

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

Peligrosidad actual a inundaciones

La mayor parte del cantón se encuentra en niveles bajos y medio bajos de peligrosidad (Figura 10) al tratarse de un territorio de cotas altas, a excepción de los valles y zonas urbanas. Respecto a estas últimas, cabe destacar que, al localizarse sobre las llanuras, suponen ámbitos muy susceptibles. Por otro lado, como se ve en el zoom de la figura, la zona urbana de Turrialba tiene un nivel medio alto en casi toda su superficie con algunas manchas de nivel alto que corresponden con el río Colorado.

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.

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 este sentido, en Turrialba, de acuerdo con los porcentajes de cambio definidos en la Tabla 9, el incremento de la peligrosidad es bajo para el RCP 4.5 por lo que no hay una modificación de los mapas generados para la peligrosidad actual, sin embargo, el incremento es medio-bajo para el RCP 8.5, por lo que hay un ligero aumento en la peligrosidad principalmente de las categorías bajas y medias-bajas.

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.

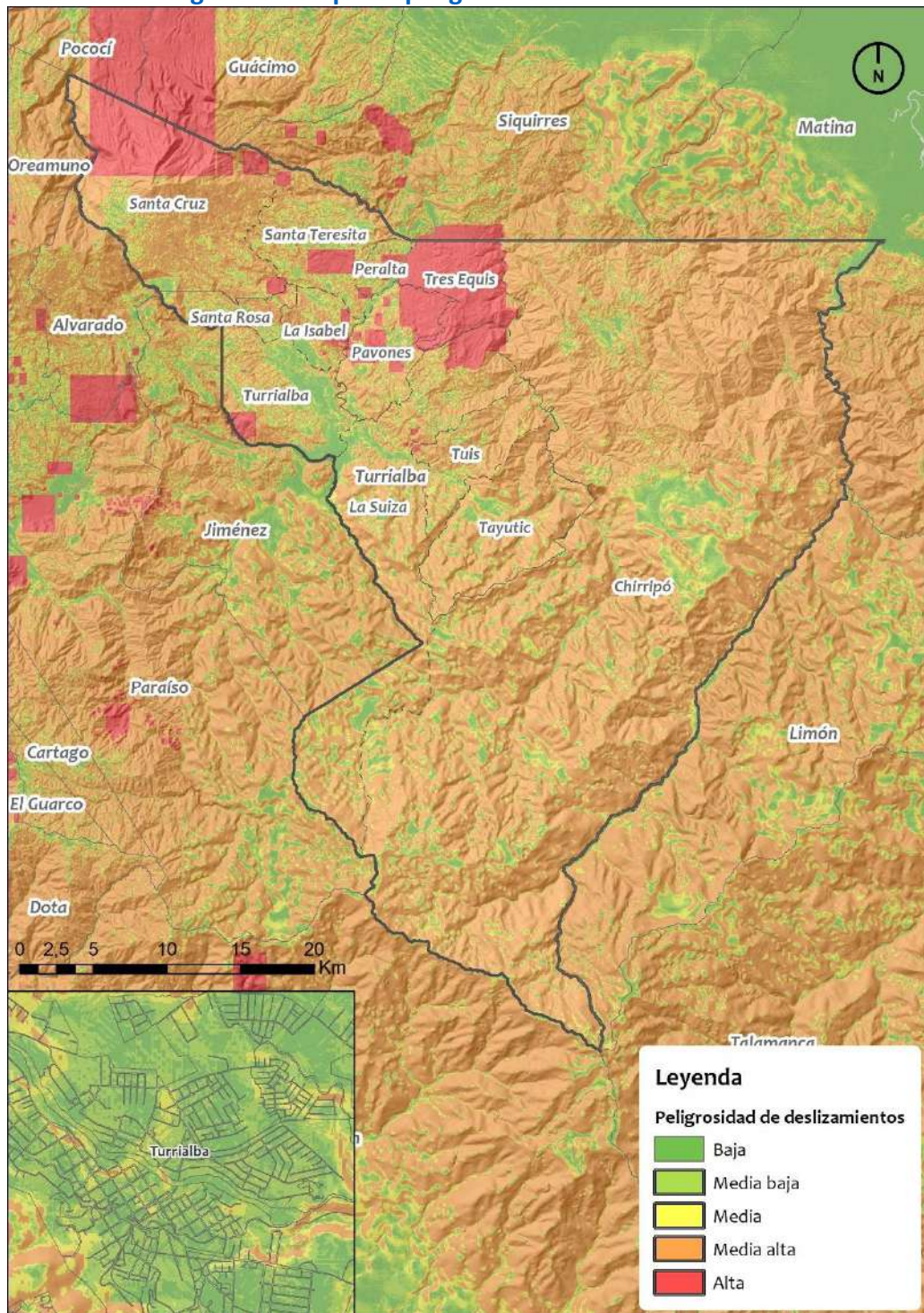
Finalmente, se ha generado un mapa de peligrosidad por deslizamiento a partir de la combinación de las zonas de ocurrencia potencial de deslizamientos de la CNE y el mapa de pendientes.

Peligrosidad actual a deslizamientos

Este 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 de Chirripó y Turrialba, al localizarse en las zonas más llanas tienen una susceptibilidad menor a los deslizamientos. En sentido contrario se encuentra la mayor parte del territorio, puesto que las pendientes son superiores al 25%.

Cabe destacar las zonas de peligro alto de Tres Equis, Pavones y Santa Cruz, puesto que la mayor parte de la superficie corresponde con niveles medio-altos. En el caso del primero, Tres Equis, casi la totalidad del distrito está cubierta por peligrosidad alta debido a que sus condiciones geotécnicas, geomorfológicas y litológicas son favorables a los deslizamientos (Barahona, Méndez, & Sjöbohm, 2013).

Figura 11. Mapa de peligrosidad de deslizamientos



Fuente: IDOM-CPSU

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.

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 este sentido, en Turrialba, de acuerdo con los porcentajes de cambio definidos en la Tabla 9, el incremento de la peligrosidad es bajo para el RCP 4.5 por lo que no hay una modificación de los mapas generados para la peligrosidad actual, sin embargo, el incremento es medio-bajo para el RCP 8.5, por lo que hay un ligero aumento en la peligrosidad principalmente de las categorías bajas y medias-bajas.

4.4.2 Déficit de lluvias

La sequía es una alteración dramática en el ciclo hidrológico del planeta (Bonsal 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 son:

- 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

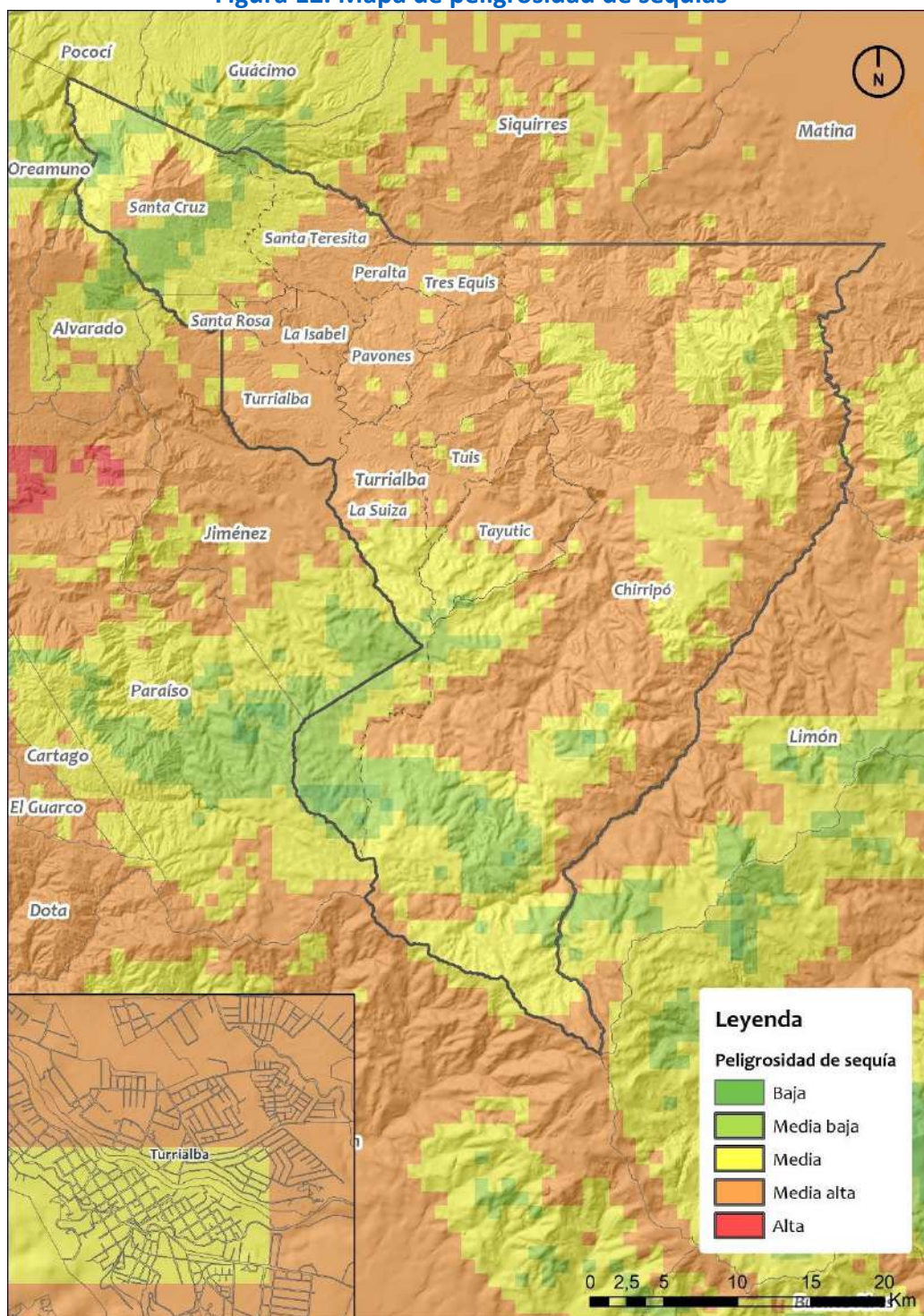
Para caracterizar la peligrosidad de sequías en el territorio se ha utilizado un índice de aridez⁵ global, obtenido a partir de los datos WorldClim 2.0 (1970-2000). Este índice representa la relación entre la precipitación y la evapotranspiración potencial (que a su vez depende de la temperatura), es decir, la precipitación sobre la demanda de agua para la vegetación (agregada sobre una base anual).

El nivel de amenaza asociado a estos porcentajes de cambio se observa en la Figura 12. Mapa de peligrosidad de sequías donde la mayor parte del cantón tiene un nivel de peligrosidad medio y medio alto en cuanto a la sucesión de eventos de sequía.

Hay algunas zonas hacia el sur, en la frontera con los cantones de Paraíso y Jiménez con valores bajos ya que coinciden con áreas de especial protección como la Reserva Forestal Río Macho. En el distrito de Santa Cruz también se encuentran zonas con peligrosidad baja próximas al volcán Turrialba.

⁵ 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 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 10 se presenta el porcentaje de cambio del indicador CDD bajo los dos escenarios RCP y horizontes temporales considerados. El porcentaje de cambio del índice es menor al 25% en todos los escenarios y horizontes temporales, por lo que existe un ligero aumento en el número de días secos consecutivos con respecto al periodo de referencia.

Tabla 10. Porcentajes de cambio de la variable CDD en Turrialba

Índice	Escenario climático	Periodo temporal	Valor medio	Desviación	Valor mínimo	Valor máximo
CDD	RCP4.5	2030	-0,25 %	0,79 %	-1,11 %	0,80 %
		2060	-2,54 %	0,33 %	-2,95 %	-2,15 %
	RCP8.5	2030	2,15 %	1,00 %	0,74 %	2,99 %
		2060	8,98 %	0,88 %	7,81 %	9,93 %

Fuente: IDOM-CPSU (2021)

De acuerdo con los porcentajes de cambio definidos en la Tabla 10 y los rangos establecidos en la Tabla 39, 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 Turrialba, 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 39, 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 calor⁶ (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

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).

⁶ 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.

Cabe destacar, que todos los valores de los cambios porcentuales del indicador WDSI 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 al Anexo 1).

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** se refieren a todos aquellos elementos que pueden verse expuestos de forma potencial por las distintas amenazas que presenta este territorio. En este caso, se han agrupado por los sectores: población, hábitat urbano, sector primario, infraestructuras, equipamientos y áreas protegidas.

Tabla 11. 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
	Ferrovías	Infraestructura ferroviaria
	Puentes	Relacionados con la red vial
Equipamientos	Salud	Centros de salud
	Educación	Centros educativos
	Recurso hídrico	ASADAS
Áreas protegidas	Humedales	Láminas de agua protegidas
	Territorios indígenas	Población indígena en dichos territorios
	Áreas naturales	Áreas Silvestres Protegidas (ASP) y corredores biológicos

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 asociado 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.

En los siguientes apartados se describe en mayor detalle 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 van a comentar en detalle cada una de estas amenazas identificadas 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, pudiendo generar heridos o víctimas mortales; daños directos sobre las edificaciones y otros 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 al respecto de esta amenaza, donde se muestra la relación entre sectores, receptores y los impactos potenciales sobre estos.

Tabla 12. Cadenas de impactos asociadas a las inundaciones

Sector	Receptor	Potenciales impactos
Población	Población	Incremento de la accidentalidad y probabilidad de siniestros con daño personal
		Aumento de las enfermedades por vectores
		Afección laboral por incomunicación asociado a impactos en vías y puentes
		Posible aumento de las migraciones interiores y exteriores
Hábitat urbano	Hábitat urbano	Daños estructurales a edificaciones y mobiliario urbano. Anegamiento

Sector	Receptor	Potenciales impactos
Sector primario	Agrícola	Posible pérdida de cosechas que no están en invernaderos por fuertes lluvias
	Pecuario	Posible pérdida de cabezas de ganado
		Pérdida de productividad y productos por incomunicación (asociado a impactos en puentes y vías)
		Posible desabastecimiento de alimentos para el ganado derivados de la agricultura
Infraestructuras	Vías Ferrovías Puentes	Posibles daños físicos a la infraestructura de movilidad Posible corte en la circulación y operatividad
Equipamientos	Salud	Posibles daños en las edificaciones sanitarias. Falta de operatividad de los centros de salud
	Educación	Posibles daños en las edificaciones educativas e interrupción del servicio
		Afección a las escuelas en la zona indígena por inundaciones. En La Isabel afección al centro escolar
	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
		Afección a los tanques de almacenamiento en los ríos
		Ruptura de conducciones de agua por caída de árboles
		Posible alteración en la disponibilidad hídrica por el incremento brusco del caudal o bloqueos en cauces
		Posible efecto sobre la calidad del agua
Áreas protegidas	Territorios indígenas	Afección sobre la biodiversidad y sobre la población indígena que vive en dichos territorios
		Incomunicación del sector Quebrada por inundaciones. Afección a todos los sectores por se la única ruta de acceso

Fuente: IDOM-CPSU (2021) (2021).

Por otro lado, el cantón tiene características propias que dan como resultado que algunas partes sean altamente vulnerables a los **deslizamientos o movimientos en masa**.

Algunos de los fenómenos que pueden darse, asociados a los deslizamientos, pueden ser la destrucción de viviendas por sepultamiento y daños físicos sobre la población, destrucción de carreteras y caminos, generación de avalanchas de lodo o daños a infraestructuras básicas como los puentes.

Tabla 13. 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 Ferrovías Puentes	Posibles daños físicos a la infraestructura movilidad
	Salud	Posibles daños en las edificaciones sanitarias debido a la masa de lodo Falta de operatividad de los centros de salud
Equipamientos	Educación	Posibles daños en las edificaciones educativas e interrupción del servicio debido a la masa de lodo Afección a las escuelas en la zona indígena por deslizamientos
		Posible saturación de la infraestructura de drenaje y abastecimiento
	Recurso hídrico	Posible corte de suministro por daño directo a infraestructuras de abastecimiento
Áreas protegidas	Territorios indígenas	Afección sobre la biodiversidad y sobre la población indígena que vive en dichos territorios

Fuente: IDOM-CPSU (2021) (2021).

Como se ha incluido en el apartado 4.1.3, los distintos desastres asociados al clima 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.

En la siguiente tabla se recogen de forma desglosada estos costes, siendo el monto total superior a **noventa y dos millones de dólares (USD)**. De entre todos los costes, son notables los asociados a los deslizamientos y los que no están asociados a ningún tipo de evento concreto en la información de MIDEPLAN. Por otro lado, es destacable que los costes por daños a vías son los más significativos, siendo los de equipamientos de salud y educación los menos afectados por estos.

Tabla 14. Cuantificación de daños por eventos organizado por receptores

Tipo de evento	Daños (\$)							
	Vivienda	Agropecuario	Vías	Ferrovías	Puentes	Salud	Educación	TOTAL
Deslizamiento	-	-	39.910.546,23	-	52.247,23	90.841,79	-	40.053.635,30
Aumento de caudal	-	-	-	-	3.257.466,88	-	-	3.257.466,88
Inundación	-	-	471.584,74	-	2.025.987,05	-	-	2.497.571,79
-	1.942.857,01	19.620.342,95	11.596.234,17	462.389,26	10.907.966,91	-	41.060,17	44.570.850,50
TOTAL	1.942.857,01	19.620.342,95	54.148.897,06	462.389,26	16.243.668,07	90.841,79	41.060,17	92.550.056,30

Fuente: IDOM-CPSU (2021) 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.

Como es de esperar, el sector primario puede sufrir las consecuencias en su producción, ya que uno de los cultivos es el café con un 32% de la superficie del cantón destinado a este. Aunque el sector primario no es el principal motor económico, puesto que esa posición la ocupa el sector terciario o servicios, los períodos de sequía afectan al desarrollo socioeconómico de forma directa e indirecta.

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 para poder desarrollarse.

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

En la siguiente tabla se recoge la cadena de impacto al respecto de esta amenaza, donde se muestra la relación entre sectores, receptores y los impactos potenciales sobre estos.

Tabla 15. 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
		Sobreexplotación de agua subterránea
	Pecuario	Posible pérdida de áreas de pastoreo
		Posible pérdida de productividad por reducción de abastecimiento de agua e impacto económico asociado
		Sobreexplotación de agua subterránea
Áreas protegidas	Humedales Territorios indígenas Áreas naturales	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
		Generación de suelos desnudos y estériles
		Posible disminución de los servicios ecosistémicos

Fuente: IDOM-CPSU (2021) (2021).

4.5.3 Altas temperaturas

Las **olas de calor** vienen propiciadas por períodos de altas temperaturas. El efecto más destacado que se puede atribuir a esta se relaciona con la salud de la población. Estas situaciones pueden provocar estrés cardiovascular (O'Neill & Ebi, 2009) o afecciones al sistema nervioso y problemas respiratorios (Deschenes, 2014) por ejemplo. Esto tiene una traducción en forma de 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 nivel 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

Fuente: IDOM-CPSU (2021) (2021).

Respecto a lo eventos o desastres asociados al clima ocurridos en Turrialba 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 más vulnerables, teniendo en consideración que han sido históricamente excluidas debido a desigualdades sociales preexistentes, pero que representan 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 gestión integral del 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 principales poblaciones vulnerables identificadas: mujeres, niñas, niños y adolescentes, personas adultas mayores, pueblos indígenas, migrantes y comunidades campesinas.

Tabla 17. Impactos indirectos sobre la población en situación de vulnerabilidad frente al cambio climático

Poblaciones vulnerables	Potenciales impactos indirectos del cambio climático
Mujeres	El trabajo doméstico y de cuidados no remunerado se incrementa 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 Probabilidad de vivir violencia de género al depender económicamente de los hombres Menor acceso de mujeres a actividades productivas fuera del hogar
Niñas, niños y adolescentes	Aumento de enfermedades gastrointestinales y otras asociadas con la falta de saneamiento Desnutrición infantil y aumento de enfermedades asociadas Afectación en la calidad y esperanza de vida Se paralizan las actividades escolares Deserción escolar por el incremento del trabajo de subsistencia, así como doméstico y de cuidados no remunerado Reforzamiento de roles de género desde edades tempranas
Persona adulta mayor	Mayores riesgos para la salud debido a cargas de trabajo excesivas Menor capacidad de subsistencia e inseguridad alimentaria Incapacidad para superar condiciones de pobreza Afectación en la calidad y esperanza de vida
Pueblos indígenas	Incremento de conflictos sociales Daño a infraestructura natural ancestral y pérdida de saber ancestral Reforzamiento de estereotipos de género, desigualdades sociales y brechas económicas, sociales y políticas Menor capacidad para superar condiciones de pobreza e incapacidad de asegurar la subsistencia familiar Afectación a los ingresos y seguridad alimentaria por pérdida de productividad agropecuaria. Desarrollo de enfermedades asociadas Incremento de conflictos socio – ambientales Baja atención sanitaria médica básica y de emergencia
Migrantes	Migración a tempranas edades evitando la continuidad en la escuela y en los planes de vida Migración en búsqueda de mayores oportunidades por pérdida de productividad Migración de pueblos indígenas u originarios en la búsqueda del recurso
Comunidades campesinas	Afectación a la seguridad alimentaria por pérdida de cultivos Reforzamiento de estereotipos de género, desigualdades sociales y brechas económicas, sociales y políticas Enfermedades y problemas de salud por peligros asociados al cambio climático Afectación de los ingresos económicos de los miembros por pérdida de productividad agropecuaria Pérdida de empleo y migración temporal Baja atención sanitaria médica básica y de emergencia

Fuente: IDOM-CPSU (2021)

4.6 Exposición y vulnerabilidad

Para poder analizar y cuantificar la vulnerabilidad del cantón de Turrialba, 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 en relación con cada una de las amenazas (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. El criterio de categorización corresponde principalmente a criterios estadísticos, para lo que 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. Para mayor detalle acudir a Anexo 1.

Igualmente, se ofrecen algunos resultados significativos del análisis de vulnerabilidad desarrollado por cada receptor.

Tabla 18. 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	
					Baja		0-25%	
					Media		25-50%	
					Alta		>50%	
					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	
					Baja		0-10%	
					Media		10-20%	
					Alta		>20%	
					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 Viales	MOPT	Tipo de vía	MOPT	Baja	Vías Nacionales / Autopistas / Pavimentadas
							Media	Vías cantonales / Centro urbano
							Alta	Caminos / Vereda / Caminos de tierra
	Ferrovías		Red ferroviaria	IGN	Tipo de ferrovía	IGN	Baja	-
							Media	Ferrovías
							Alta	-
	Puentes		Puentes		Tipo de puente		Baja	Vías Nacionales / Autopistas / Pavimentadas
							Media	Vías cantonales / Centro urbano
							Alta	Caminos / Vereda / Caminos de tierra
Equipamientos	Salud	Deslizamientos Inundaciones	Hospitales	IGN	Número de camas	ATLAS CR 2014	Baja	0-100
							Media	100-200 / ND
			Alta				>200	
	Educación		Centros educativos	MEP	Tipo de centro educativo	MEP	Baja	Colegio virtual
							Media	CINDEA / Colegio público / Colegio nocturno / CTP / Escuela nocturna / Escuela pública / IPEC / Telesecundaria

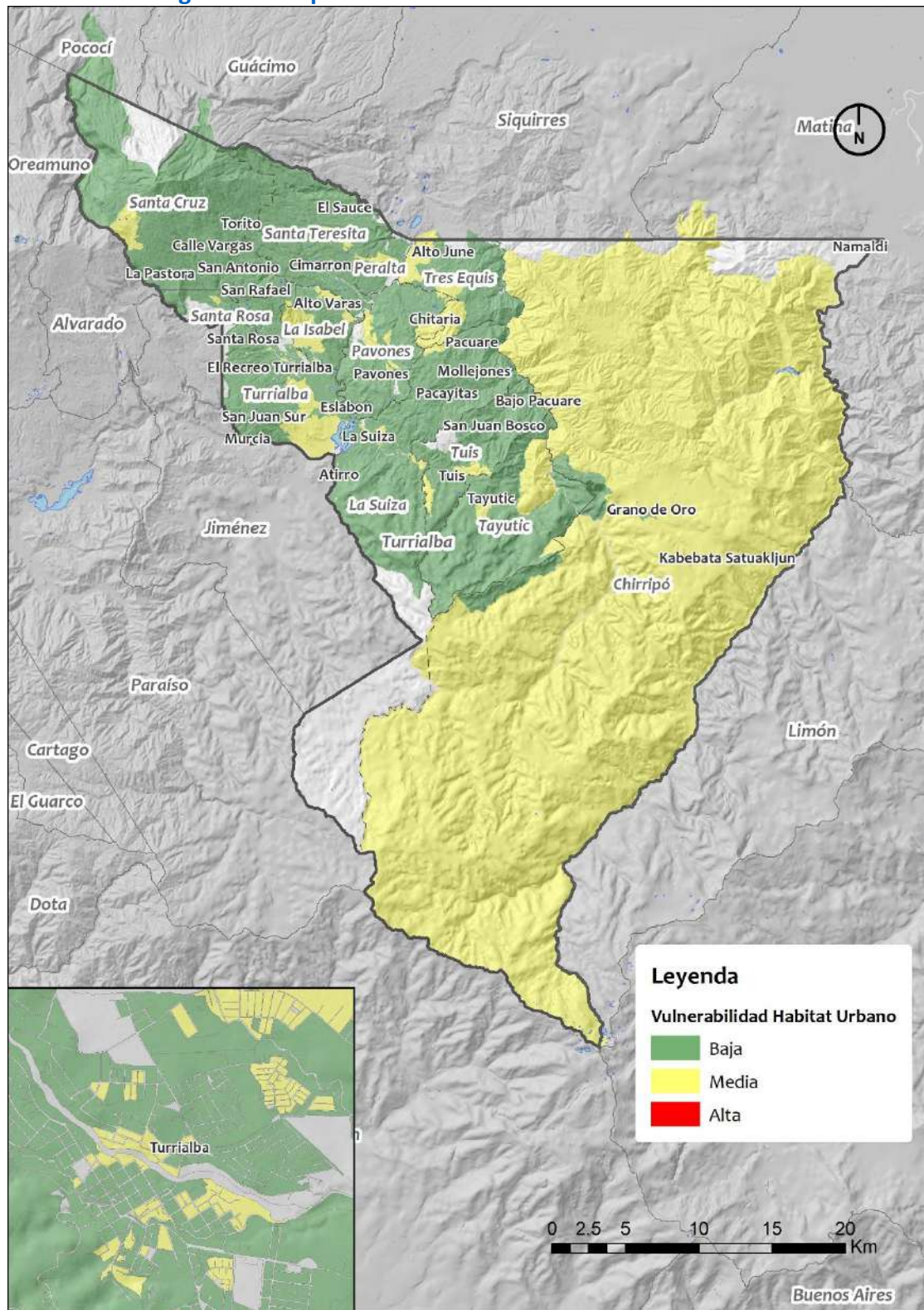
Sector	Receptor	Amenaza	Indicador exposición	Fuente	Indicador vulnerabilidad	Fuente	Rangos	
	Recurso hídrico		ASADAS	PNUD	ASADAS	PNUD	Alta	Preescolar público / Centro especial / CAIPAD
							Baja	-
							Media	ASADAS
							Alta	-
Áreas protegidas	Humedales	Sequías	Humedales	SINAC	Tipo de humedal	SINAC	Baja	Bajos de lodo
							Media	Pantano arbustivo / Otros
							Alta	Pantano herbáceo / manglar / lago / laguna / laguna costera / estero
	Territorios indígenas	Deslizamientos Inundaciones Sequías	Territorios indígenas	ATLAS CR 2014	Porcentaje de población indígenas dentro del territorio indígena	INEC (UGM) ATLAS CR 2014	Baja	<25%
							Media	25%-75%; sin de datos población por UGM
							Alta	>75%
	Áreas naturales	Sequías	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).

Plan de Acción para la Adaptación Climática de Turrialba

Producto 2 - Diagnóstico

Figura 14. Mapa de vulnerabilidad de del hábitat urbano



Fuente: IDOM-CPSU (2021).

Como se aprecia en los anteriores mapas, estos representan la vulnerabilidad de los receptores de población y hábitat urbano del cantón de Turrialba.

En general, en toda la extensión del cantón de Turrialba la vulnerabilidad de la población es principalmente media y baja. En la zona urbana del distrito de Turrialba esto se debe a que, aunque su densidad poblacional es alta (por encima de los 100 hab/ha ya que cuenta con el 38% de la población de todo el cantón), tiene un porcentaje relativamente bajo de población con necesidades básicas insatisfechas, por ello solo hay cuatro edificaciones con una vulnerabilidad alta. Sin embargo, en la zona rural como en el distrito de Chirripó ocurre lo contrario, la combinación de densidades poblacionales muy bajas con necesidades básicas insatisfechas más altas y un porcentaje de población mayor de 60 años más elevado que en la zona urbana, ocasionan de nuevo una vulnerabilidad media de la población en la zona rural.

Si atendemos al mapa de vulnerabilidad del hábitat urbano, la dinámica es similar al de población, siendo más acentuada la baja vulnerabilidad de las zonas más urbanas. Se aprecia como la zona rural tiene en general una vulnerabilidad media asociada a un alto porcentaje de viviendas en estado malo y hacinamiento en dormitorios. Sin embargo, la zona urbana de Turrialba tiene una mayor densidad de viviendas, pero unas mejores condiciones de habitabilidad, por lo que su vulnerabilidad es en general baja o media.

4.7 Caracterización y clasificación 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 10. Allí se mencionó que 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.

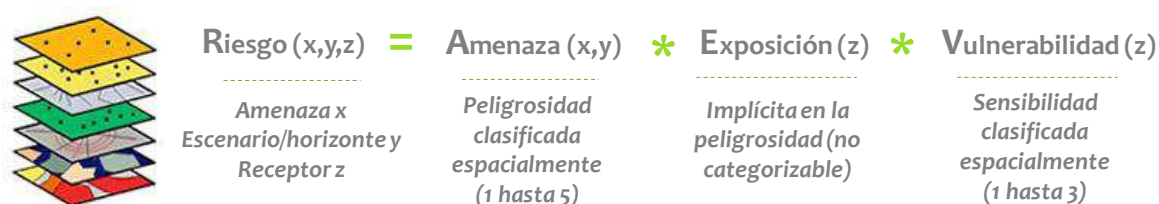
Las amenazas climáticas consideradas han sido inundaciones, deslizamientos, sequías y olas de calor. En el apartado 4.4 se ha caracterizado su peligrosidad para los escenarios climáticos RCP 4.5 (escenario intermedio) y RCP 8.5 (escenario pesimista), y para los horizontes temporales futuros cercano (2015-2045) 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 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 municipal (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 al completo, 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 cuatro 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 (Tabla 19) y representados en mapas algunos de los receptores analizados (Figura 16 y Figura 17).

En la siguiente tabla 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.

- **Escenario actual y escenarios RCP 4.5 (horizontes 2015-2045/2045-2075):**

En el caso de la población, analizada en función de la correspondencia entre UGM y edificaciones, alrededor del 25% de estas presentan un riesgo medio-alto y alto. A nivel distrital, Turrialba tiene más del 5%, seguido por Chirripó, La Suiza y Santa Teresita con valores alrededor del 3%, y el resto de distritos en menor proporción.

Del 25% de la población que se encuentra en riesgo medio alto y alto, más del 40% son mujeres y alrededor del 50% son vulnerables en cuanto a su edad (inferior a 18 años y superior a 65 años). En cuanto a la población considerada indígena, aproximadamente el 17% se encuentra en estos niveles de riesgo. 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.

En cuanto al resto de receptores, la mayoría de sus elementos se ubican en las categorías de riesgo medio y bajo, donde destacan los dos aeródromos por encontrarse en zonas con riesgo medio alto y alto. Igualmente, aproximadamente el 28% de las vías se encuentran en zonas de riesgo medio-alto y alto.

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.

▪ Escenarios RCP 8.5 (horizontes 2015-2045/2051-2075)

En el caso de la población, analizada en función de la correspondencia entre UGM y edificaciones, más del 29% de estas presentan un riesgo medio alto y alto, un porcentaje ligeramente superior al período de referencia (1975-2005) y a escenarios más favorables (RCP 4.5). A nivel distrital, Chirripo supone casi el 8%, seguido por Turrialba, que junto al resto de distritos mantiene valores muy similares que en otros escenarios, respecto a la población que se encuentra en estos rangos de riesgo.

Del 29% de la población que se encuentra en riesgo medio alto y alto, más del 40% son mujeres y alrededor del 55% son vulnerables en cuanto a su edad (inferior a 18 años y superior a 65 años). En relación con la población considerada indígena, aproximadamente el 17% se encuentra en estos niveles de riesgo. En este caso, son valores muy parecidos al resto de escenarios analizados.

En cuanto al resto de receptores, la mayoría de sus elementos se ubican en este caso en las categorías de riesgo medio alto y alto y no tienen cambios significativos respecto a su periodo de referencia. Destacan los territorios indígenas, ya que respecto a los otros escenarios más favorables donde la superficie en estos niveles de riesgo no llegaba al 20%, en los escenarios RCP 8.5 en ambos horizontes temporales, alcanza casi el 54%.

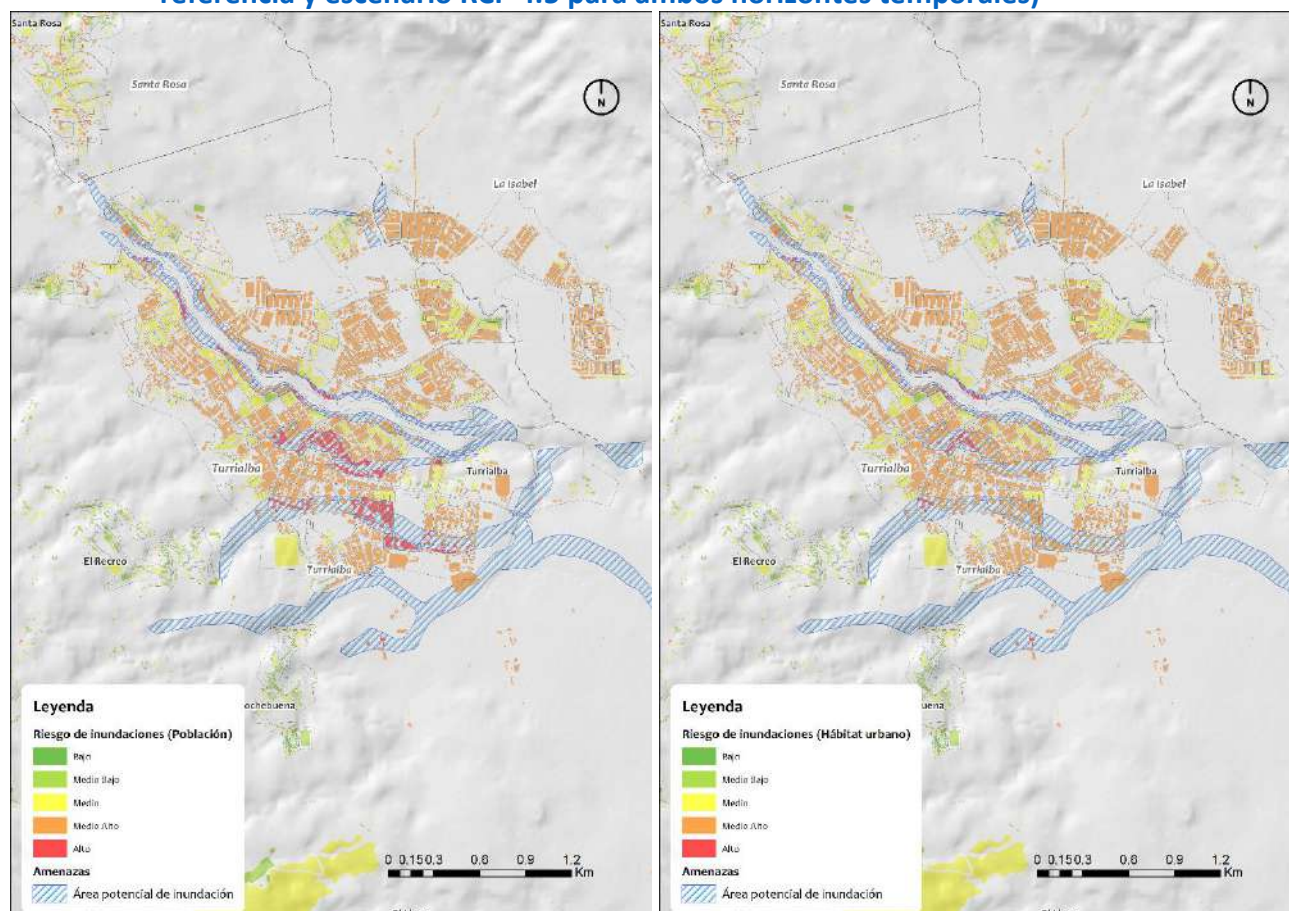
Tabla 19. Riesgo por inundaciones sobre los receptores considerados bajo los escenarios (RCP 4.5 y RCP 8.5) y horizontes temporales (2015-2045 y 2045-2075) analizados

Escenario/Horizonte temporal	Categoría de riesgo	Población		Hábitat urbano		Agropecuario		Aeródromos		Vías		Ferrovías		Puentes		Salud		Educación		Recurso hídrico		Territorios indígenas	
		nº edific	%	nº edific	%	nº	%	nº	%	ha	%	km	%	nº	%	nº	%	nº	%	nº	%	ha	%
Período de referencia [1990]: 1975-2005	bajo	2.462,00	8,97	2.622,00	9,55	615,00	17,62	0,00	0,00	49,36	11,13	3,96	14,84	20,00	8,55	0,00	0,00	15,00	11,72	10,00	15,87	375,11	0,74
	medio-bajo	8.409,00	30,64	8.507,00	31,00	1.199,00	34,36	0,00	0,00	134,99	30,44	8,36	31,33	101,00	43,16	0,00	0,00	35,00	27,34	21,00	33,33	22.424,20	44,09
	medio	9.597,00	34,97	9.528,00	34,72	1.052,00	30,14	0,00	0,00	134,33	30,29	5,71	21,42	81,00	34,62	1,00	100,00	45,00	35,16	17,00	26,98	18.281,80	35,94
	medio-alto	6.172,00	22,49	6.313,00	23,00	559,00	16,02	1,00	50,00	114,67	25,85	4,22	15,81	32,00	13,68	0,00	0,00	30,00	23,44	14,00	22,22	7.178,09	14,11
	alto	806,00	2,94	476,00	1,73	65,00	1,86	1,00	50,00	10,17	2,29	4,43	16,60	0,00	0,00	0,00	0,00	3,00	2,34	1,00	1,59	2.606,09	5,12
Escenario RCP 4.5 Horizonte 2015-2045	bajo	2.462,00	8,97	2.622,00	9,55	615,00	17,62	0,00	0,00	49,36	11,13	3,96	14,84	20,00	8,55	0,00	0,00	15,00	11,72	10,00	15,87	375,11	0,74
	medio-bajo	8.409,00	30,64	8.507,00	31,00	1.199,00	34,36	0,00	0,00	134,99	30,44	8,36	31,33	101,00	43,16	0,00	0,00	35,00	27,34	21,00	33,33	22.424,20	44,09
	medio	9.597,00	34,97	9.528,00	34,72	1.052,00	30,14	0,00	0,00	134,33	30,29	5,71	21,42	81,00	34,62	1,00	100,00	45,00	35,16	17,00	26,98	18.281,80	35,94
	medio-alto	6.172,00	22,49	6.313,00	23,00	559,00	16,02	1,00	50,00	114,67	25,85	4,22	15,81	32,00	13,68	0,00	0,00	30,00	23,44	14,00	22,22	7.178,09	14,11
	alto	806,00	2,94	476,00	1,73	65,00	1,86	1,00	50,00	10,17	2,29	4,43	16,60	0,00	0,00	0,00	0,00	3,00	2,34	1,00	1,59	2.606,09	5,12
Escenario RCP 4.5 Horizonte 2045-2075	bajo	2.462,00	8,97	2.622,00	9,55	615,00	17,62	0,00	0,00	49,36	11,13	3,96	14,84	20,00	8,55	0,00	0,00	15,00	11,72	10,00	15,87	375,11	0,74
	medio-bajo	8.409,00	30,64	8.507,00	31,00	1.199,00	34,36	0,00	0,00	134,99	30,44	8,36	31,33	101,00	43,16	0,00	0,00	35,00	27,34	21,00	33,33	22.424,20	44,09
	medio	9.597,00	34,97	9.528,00	34,72	1.052,00	30,14	0,00	0,00	134,33	30,29	5,71	21,42	81,00	34,62	1,00	100,00	45,00	35,16	17,00	26,98	18.281,80	35,94
	medio-alto	6.172,00	22,49	6.313,00	23,00	559,00	16,02	1,00	50,00	114,67	25,85	4,22	15,81	32,00	13,68	0,00	0,00	30,00	23,44	14,00	22,22	7.178,09	14,11
	alto	806,00	2,94	476,00	1,73	65,00	1,86	1,00	50,00	10,17	2,29	4,43	16,60	0,00	0,00	0,00	0,00	3,00	2,34	1,00	1,59	2.606,09	5,12
Escenario RCP 8.5 Horizonte 2015-2045	bajo	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	medio-bajo	2.462,00	8,97	2.622,00	9,55	615,00	17,62	0,00	0,00	49,36	11,13	3,96	14,85	20,00	8,55	0,00	0,00	16,00	12,50	10,00	15,87	375,11	0,74
	medio	16.965,00	61,81	17.252,00	62,86	2.090,00	59,89	0,00	0,00	269,32	60,72	14,07	52,75	143,00	61,11	1,00	100,00	87,00	67,97	38,00	60,32	23.133,22	45,48
	medio-alto	7.213,00	26,28	7.096,00	25,85	720,00	20,63	1,00	50,00	114,67	25,85	4,22	15,82	71,00	30,34	0,00	0,00	39,00	30,47	14,00	22,22	24.750,87	48,66
	alto	806,00	2,94	476,00	1,73	65,00	1,86	1,00	50,00	10,17	2,29	4,43	16,61	0,00	0,00	0,00	0,00	6,00	4,69	1,00	1,59	2.606,09	5,12
Escenario RCP 8.5 Horizonte 2051-2075	bajo	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	medio-bajo	2.462,00	8,97	2.622,00	9,55	615,00	17,62	0,00	0,00	49,36	11,13	3,96	14,85	20,00	8,55	0,00	0,00	16,00	12,50	10,00	15,87	375,11	0,74
	medio	16.965,00	61,81	17.252,00	62,86	2.090,00	59,89	0,00	0,00	269,32	60,72	14,07	52,75	143,00	61,11	1,00	100,00	87,00	67,97	38,00	60,32	23.133,22	45,48
	medio-alto	7.213,00	26,28	7.096,00	25,85	720,00	20,63	1,00	50,00	114,67	25,85	4,22	15,82	71,00	30,34	0,00	0,00	39,00	30,47	14,00	22,22	24.750,87	48,66
	alto	806,00	2,94	476,00	1,73	65,00	1,86	1,00	50,00	10,17	2,29	4,43	16,61	0,00	0,00	0,00	0,00	6,00	4,69	1,00	1,59	2.606,09	5,12

Fuente: IDOM-CPSU (2021).

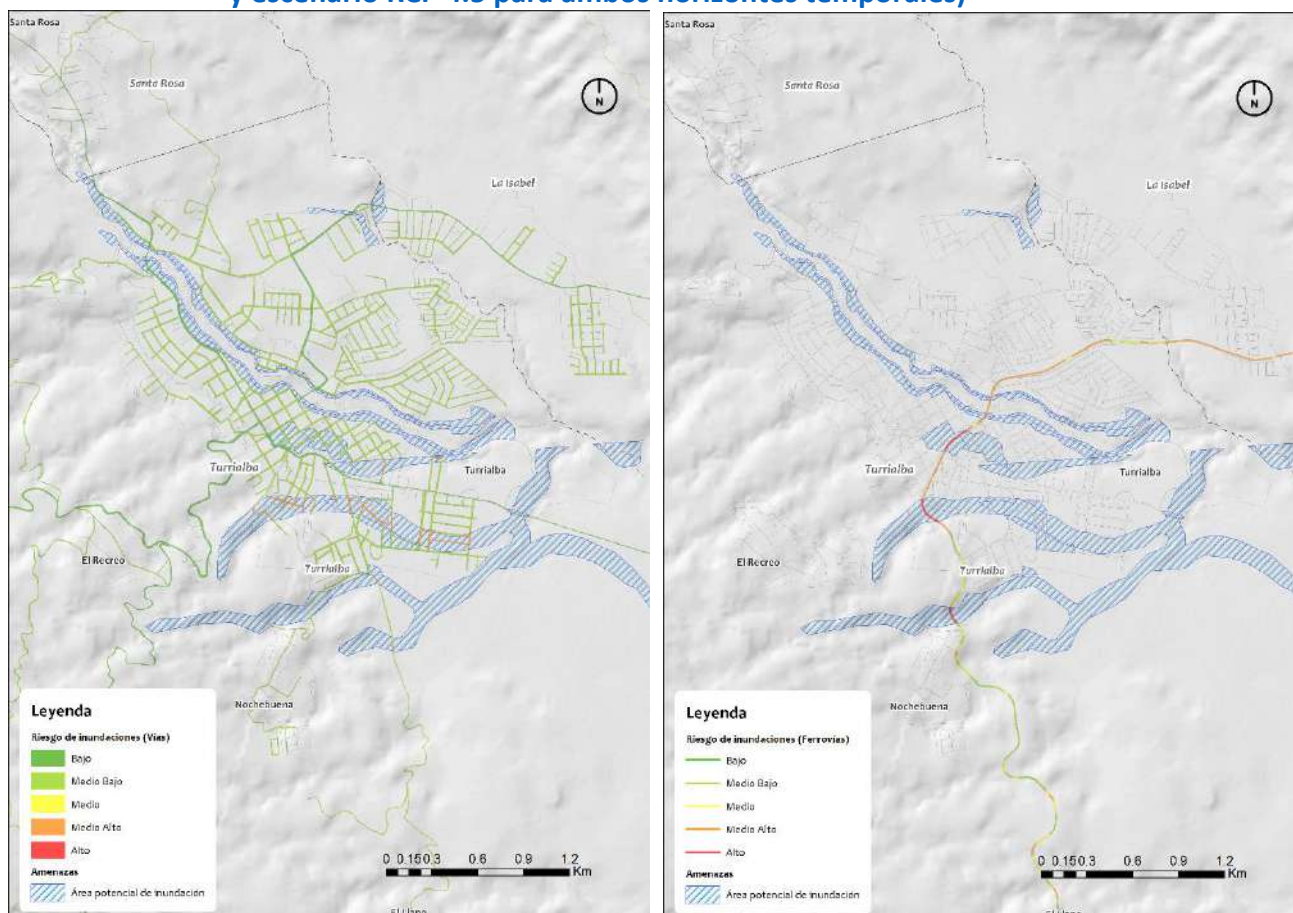
En las siguientes figuras se representa la variabilidad del nivel de riesgo de algunos de los receptores sensibles considerados para el período de referencia y los escenarios RCP 4.5 (horizonte 2015-2045) y RCP 4.5 (horizonte 2045-2075), ya que como se puede ver en la tabla anterior son coincidentes.

Figura 16. Mapa de riesgo de inundaciones sobre población y hábitat urbano (periodo de referencia y escenario RCP 4.5 para ambos horizontes temporales)



Fuente: IDOM-CPSU (2021).

Figura 17. Mapa de riesgo de inundaciones sobre vías y ferrovías (periodo de referencia y escenario RCP 4.5 para ambos horizontes temporales)



Fuente: IDOM-CPSU (2021).

4.7.2 Deslizamientos

En la siguiente tabla (Tabla 20.) se aglutinan los resultados del riesgo por deslizamientos sobre los diferentes receptores considerados bajo los escenarios de cambio climático y los horizontes temporales.

■ Escenario actual y escenarios RCP 4.5 (horizontes 2015-2045/2045-2075):

En el caso de la población y el hábitat urbano, alrededor del 53% se ubican en niveles de riesgo medio alto y alto. A nivel distrital, los distritos de Santa Cruz, Santa Teresita y Chirripó son los que mayor población aportan a ese total cantonal. Cabe destacar que en el distrito de Turrialba no se encuentra ninguna edificación en riesgo alto.

De ese 53%, alrededor del 42,5% son mujeres y algo más del 21% corresponde con población considerada indígena. 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.

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.

- **Escenarios RCP 8.5 (horizontes 2015-2045/2051-2075):**

En el caso de la población y el hábitat urbano, alrededor del 55% se ubican en niveles de riesgo medio alto y alto, un porcentaje algo superior a los otros escenarios analizados. A nivel distrital, los distritos de Chirripo y Santa Cruz son los que mayor población aportan a ese total cantonal. Cabe destacar, que al igual que en los otros escenarios, que en el distrito de Turrialba no se encuentra ninguna edificación en riesgo alto.

En estos escenarios los porcentajes de mujeres y población considerada indígena se han reducido ligeramente, ya que, en esta ocasión, de ese 55%, el 42,2% son mujeres y el 17,5% corresponde con la población indígena.

En cuanto al resto de sectores, destaca que la superficie de territorios indígenas en nivel medio alto pasa de casi un 12% a más de un 18% en este escenario. Por último, en el caso de los centros educativos también hay un aumento en su afectación, ya que con el escenario de emisiones más intensivo sobrepasa el 55% mientras que en el periodo de referencia rondaba el 48%.

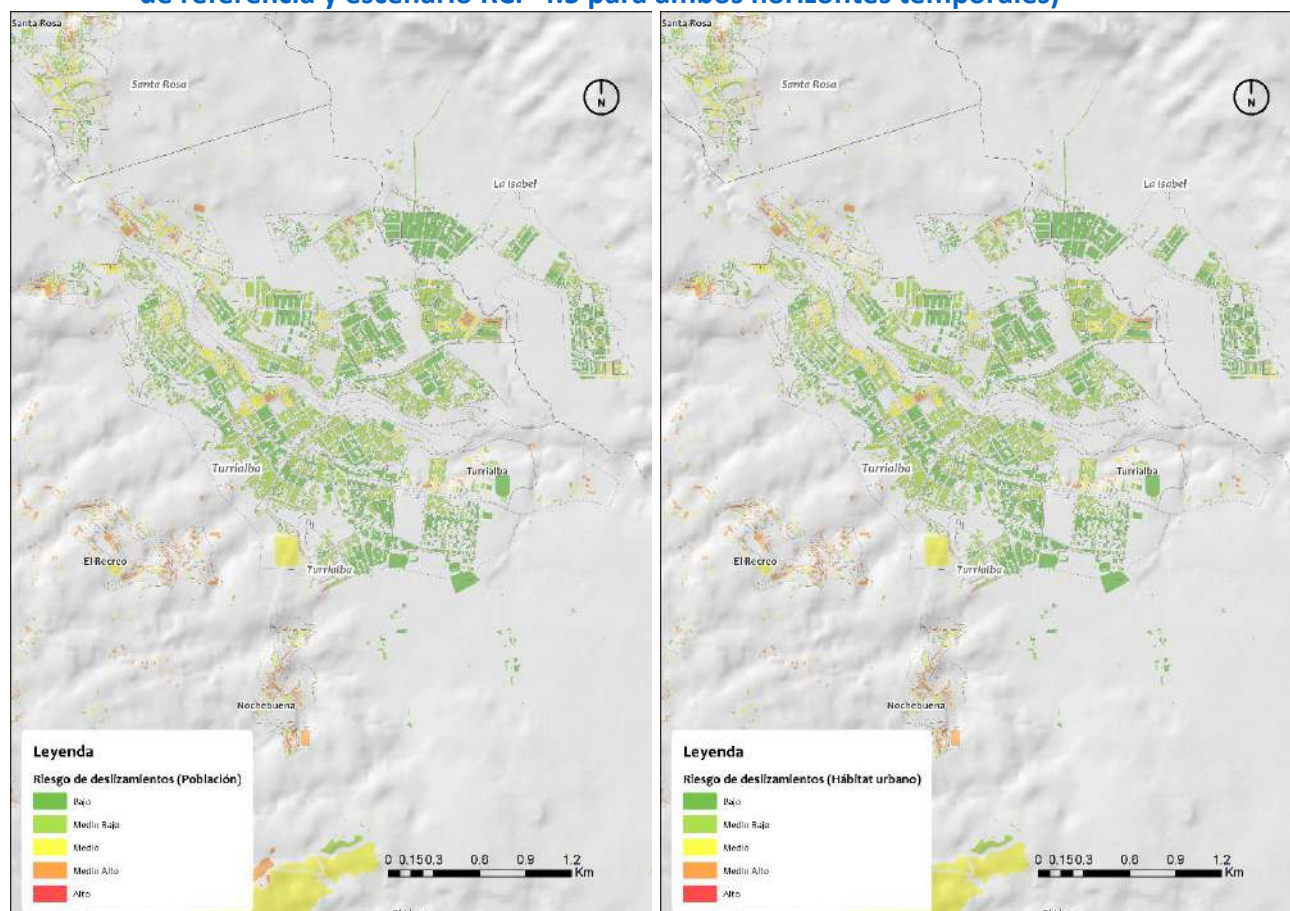
Tabla 20. Riesgo por deslizamientos sobre los diferentes receptores considerados bajo los escenarios (RCP 4.5 y RCP 8.5) y horizontes temporales (2015-2045 y 2045-2075) analizados

Escenario/Horizonte temporal	Categoría de riesgo	Población		Hábitat urbano		Aeródromos		Vías		Ferrovías		Puentes		Salud		Educación		Recurso hídrico		Territorios indígenas	
		nº edific	%	nº edific	%	nº	%	ha	%	km	%	nº	%	nº	%	nº	%	nº	%	ha	%
Período de referencia [1990]: 1975-2005	bajo	2.351,00	8,57	2.395,00	8,73	0,00	0,00	59,80	13,48	3,54	13,29	27,00	11,54	0,00	0,00	12,00	9,38	6,00	9,52	165,39	0,33
	medio-bajo	5.229,00	19,05	5.319,00	19,38	1,00	50,00	164,09	37,00	5,20	19,51	79,00	33,76	0,00	0,00	24,00	18,75	16,00	25,40	1.702,13	3,35
	medio	5.147,00	18,75	5.142,00	18,73	0,00	0,00	162,06	36,54	3,62	13,56	70,00	29,91	1,00	1,00	30,00	23,44	6,00	9,52	3.708,27	7,29
	medio-alto	10.987,00	40,03	12.763,00	46,50	1,00	50,00	28,82	6,50	9,23	34,59	48,00	20,51	0,00	0,00	49,00	38,28	29,00	46,03	5.949,61	11,70
	alto	3.732,00	13,60	1.827,00	6,66	0,00	0,00	28,74	6,48	5,08	19,05	10,00	4,27	0,00	0,00	13,00	10,16	6,00	9,52	39.339,90	77,34
Escenario RCP 4.5 Horizonte 2015-2045	bajo	2.351,00	8,57	2.395,00	8,73	0,00	0,00	59,80	13,48	3,54	13,29	27,00	11,54	0,00	0,00	12,00	9,38	6,00	9,52	165,39	0,33
	medio-bajo	5.229,00	19,05	5.319,00	19,38	1,00	50,00	164,09	37,00	5,20	19,51	79,00	33,76	0,00	0,00	24,00	18,75	16,00	25,40	1.702,13	3,35
	medio	5.147,00	18,75	5.142,00	18,73	0,00	0,00	162,06	36,54	3,62	13,56	70,00	29,91	1,00	100,00	30,00	23,44	6,00	9,52	3.708,27	7,29
	medio-alto	10.987,00	40,03	12.763,00	46,50	1,00	50,00	28,82	6,50	9,23	34,59	48,00	20,51	0,00	0,00	49,00	38,28	29,00	46,03	5.949,61	11,70
	alto	3.732,00	13,60	1.827,00	6,66	0,00	0,00	28,74	6,48	5,08	19,05	10,00	4,27	0,00	0,00	13,00	10,16	6,00	9,52	39.339,90	77,34
Escenario RCP 4.5 Horizonte 2045-2075	bajo	2.351,00	8,57	2.395,00	8,73	0,00	0,00	59,80	13,48	3,54	13,29	27,00	11,54	0,00	0,00	12,00	9,38	6,00	9,52	165,39	0,33
	medio-bajo	5.229,00	19,05	5.319,00	19,38	1,00	50,00	164,09	37,00	5,20	19,51	79,00	33,76	0,00	0,00	24,00	18,75	16,00	25,40	1.702,13	3,35
	medio	5.147,00	18,75	5.142,00	18,73	0,00	0,00	162,06	36,54	3,62	13,56	70,00	29,91	1,00	100,00	30,00	23,44	6,00	9,52	3.708,27	7,29
	medio-alto	10.987,00	40,03	12.763,00	46,50	1,00	50,00	28,82	6,50	9,23	34,59	48,00	20,51	0,00	0,00	49,00	38,28	29,00	46,03	5.949,61	11,70
	alto	3.732,00	13,60	1.827,00	6,66	0,00	0,00	28,74	6,48	5,08	19,05	10,00	4,27	0,00	0,00	13,00	10,16	6,00	9,52	39.339,90	77,34
Escenario RCP 8.5 Horizonte 2015-2045	bajo	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	medio-bajo	2.351,00	8,57	2.395,00	8,73	0,00	0,00	59,80	13,48	3,54	13,27	27,00	11,54	0,00	0,00	17,00	13,28	6,00	9,52	165,39	0,33
	medio	9.983,00	36,37	10.202,00	37,17	1,00	50,00	326,14	73,54	8,82	33,07	131,00	55,98	1,00	100,00	60,00	46,88	22,00	34,92	2.144,73	4,22
	medio-alto	11.380,00	41,46	13.022,00	47,45	1,00	50,00	28,82	6,50	9,23	34,60	66,00	28,21	0,00	0,00	56,00	43,75	29,00	46,03	9.215,27	18,12
	alto	3.732,00	13,60	1.827,00	6,66	0,00	0,00	28,74	6,48	5,08	19,05	10,00	4,27	0,00	0,00	15,00	11,72	6,00	9,52	39.339,90	77,34
Escenario RCP 8.5 Horizonte 2051-2075	bajo	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	medio-bajo	2.351,00	8,57	2.395,00	8,73	0,00	0,00	59,80	13,48	3,54	13,27	27,00	11,54	0,00	0,00	17,00	13,28	6,00	9,52	165,39	0,33
	medio	9.983,00	36,37	10.202,00	37,17	1,00	50,00	326,14	73,54	8,82	33,07	131,00	55,98	1,00	100,00	60,00	46,88	22,00	34,92	2.144,73	4,22
	medio-alto	11.380,00	41,46	13.022,00	47,45	1,00	50,00	28,82	6,50	9,23	34,60	66,00	28,21	0,00	0,00	56,00	43,75	29,00	46,03	9.215,27	18,12
	alto	3.732,00	13,60	1.827,00	6,66	0,00	0,00	28,74	6,48	5,08	19,05	10,00	4,27	0,00	0,00	15,00	11,72	6,00	9,52	39.339,90	77,34

Fuente: IDOM-CPSU (2021).

En las siguientes figuras se representa la variabilidad del nivel de riesgo de algunos de los receptores sensibles considerados para el período de referencia y los escenarios RCP 4.5 (horizonte 2015-2045) y RCP 4.5 (horizonte 2045-2075), ya que como se puede ver en la tabla anterior son coincidentes.

Figura 18. Mapa de riesgo de deslizamientos sobre población y hábitat urbano (periodo de referencia y escenario RCP 4.5 para ambos horizontes temporales)



Fuente: IDOM-CPSU (2021).

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.

Este riesgo afecta de forma notable a los cuatro receptores analizados, puesto que todos ellos se encuentran principalmente en riesgo medio alto y alto. Cabe destacar los humedales, puesto que más del 87% de los existentes en Turrialba están localizados en zonas con riesgo alto.

En cuanto al sector agropecuario, alrededor del 79% de las explotaciones están en riesgo medio alto y alto. Destacan las explotaciones de ganado vacuno (712 explotaciones), café

(675 explotaciones), banano (395 explotaciones), caña de azúcar (206 explotaciones) y banano (127 explotaciones); estando el resto de actividades, como cultivo de plátano o frijol) en menor proporción en estas zonas.

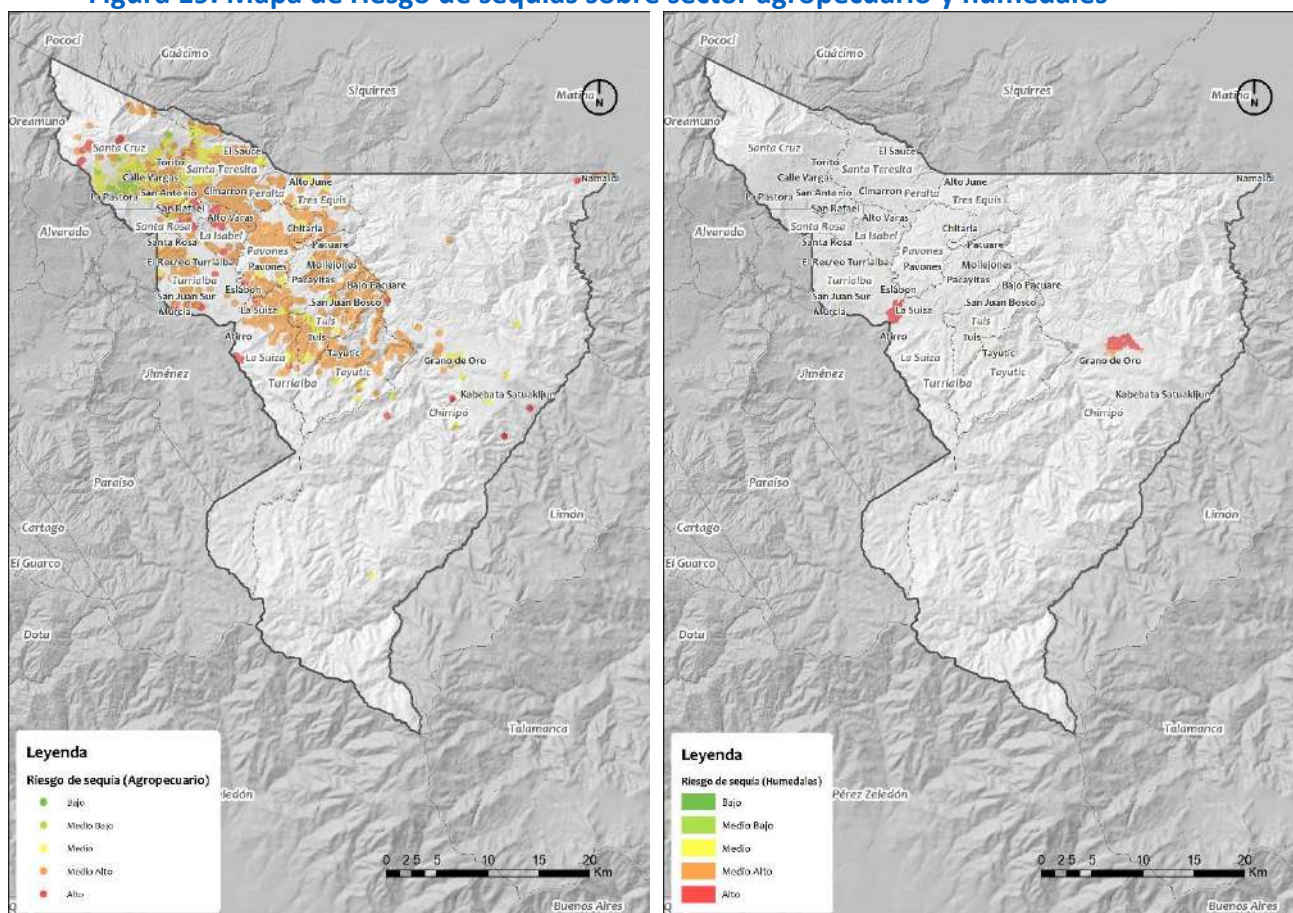
Tabla 21. Riesgo por sequía sobre los diferentes receptores considerados bajo los escenarios (RCP 4.5 y RCP 8.5) y horizontes temporales (2015-2045 y 2045-2075) analizados

Escenario/Horizonte temporal	Categoría de riesgo	Agropecuario		Áreas naturales		Humedales		Territorios indígenas	
		nº fincas	%	ha	%	ha	%	ha	%
Período de referencia [1990]: 1975-2005	bajo	0,00	0,00	0,98	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	medio-bajo	116,00	3,32	3.118,21	2,49	0,00	0,00	84,28	0,14
Escenario RCP 4.5 Horizonte 2015-2045/2045-2075	medio	604,00	17,31	21.452,22	17,12	0,18	0,03	1.867,18	3,03
	medio-alto	2.534,00	72,61	59.065,51	47,14	87,99	12,48	13.522,56	21,93
Escenario RCP 8.5 Horizonte 2015-2045/2045-2075	alto	236,00	6,76	41.652,23	33,24	617,11	87,50	46.194,29	74,91

Fuente: IDOM-CPSU (2021).

En las siguientes figuras se representa la variabilidad del nivel de riesgo de los receptores sensibles considerados para ambos escenarios climáticos y horizontes temporales. En estos mapas se aprecia como las fincas agropecuarias afectadas se encuentran principalmente en el occidente del cantón. Por otro lado, los humedales dentro del cantón ambos se encuentran con un riesgo alto frente a sequía.

Figura 19. Mapa de riesgo de sequías sobre sector agropecuario y humedales



Fuente: IDOM-CPSU (2021) (2021).

4.7.4 Olas de calor

En la Tabla 22. 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.

En el caso de las olas de calor, los dos sectores analizados, población y hábitat urbano, están en su totalidad en las categorías de riesgo medio alto y alto.

Más del 60% de la población se localiza en zonas de riesgo alto. De las 24.861 personas que se corresponden con ese porcentaje, un 38% son mujeres (9.350) y más del 50% población vulnerable debido a su edad (inferior a 18 años y superior a 65 años).

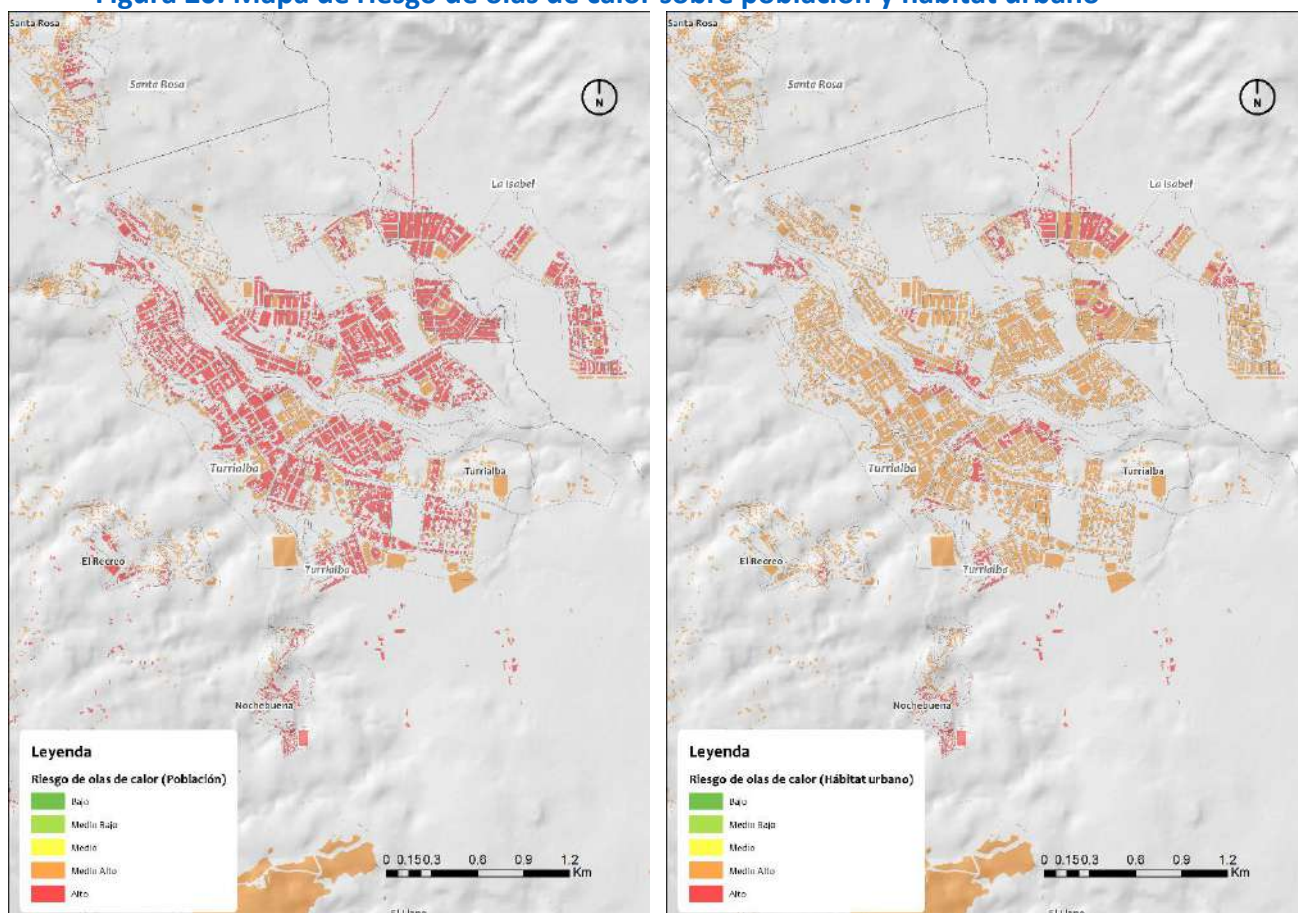
Tabla 22. Riesgo por olas de calor sobre los diferentes receptores considerados bajo los escenarios (RCP 4.5 y RCP 8.5) y horizontes temporales (2015-2045 y 2045-2075) analizados

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	10.814,00	0,39	22.427,00	0,82
	alto	16.632,00	0,61	5.019,00	0,18

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, donde se aprecia como la afectación al distrito de Turrialba es generalizada.

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



Fuente: IDOM-CPSU (2021) (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.

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.

Se ha diferenciado por las dimensiones que componen los índices. El cómputo global es que el nivel de competitividad de Turrialba es bajo, ya que en el año 2016 se situaba en la posición 55 respecto al resto de cantones (Universidad de Costa Rica, 2017). En cuanto al desarrollo social, la situación es heterogénea en cuanto al desarrollo social de sus distritos. El distrito central cuenta con un nivel medio-alto, en el otro extremo se encuentran Pavones y Tres Equis con un nivel bajo (Ministerio de Planificación Nacional y Política Económica, 2013). Los principales problemas están en el área económica, en la participación social y en la parte educativa.

- **Pilar económico**

La valoración del pilar económico se considera baja. De las variables que se analizan destaca de forma positiva la tasa de crecimiento del consumo eléctrico total y las exportaciones totales por trabajador. En cuanto a los egresos municipales per cápita, se localizan en una posición 64 respecto al resto de cantones.

- **Pilar gobierno**

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

La valoración global es la peor en relación con el resto de los pilares analizados, puesto que factores como los ingresos municipales per cápita, el número de evaluaciones de impacto ambiental por permiso de construcción o los días para conceder patentes comerciales se sitúan en posiciones muy alejadas de los primeros puestos del país.

- **Pilar infraestructura**

En relación con las infraestructuras, se trata de uno de los bloques con mejor valoración de los que componen el índice. Las viviendas de este cantón cuentan con niveles muy bajos de acceso a servicios básicos como agua potable o electricidad, una vez vista su posición respecto al resto de cantones. Por otro lado, la cobertura y calidad de red móvil 2G es buena.

- **Pilar clima empresarial y laboral**

Entre los conceptos analizados hay grandes diferencias, ya que mientras el grado de especialización, la población económicamente activa o las matrículas terciarias están mejor posicionadas; el resto de variables como la cobertura de inglés en primaria o la tasa de crecimiento de empleo formal no lo están.

- **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 de un bloque con mala posición global, pero que destaca de forma positiva en cuanto a la concentración de las exportaciones en alta tecnología.

▪ **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 el esfuerzo municipal en mitigación ambiental o la tasa de mortalidad por infecciones se sitúan alejados de los primeros cantones; la tasa de mortalidad por homicidios y el número de establecimientos de entretenimiento, ambas variables bien posicionadas, hacen que se trae del bloque mejor valorado logrando una posición 10 respecto al resto del país.

En cuanto al IDH, este tiene un valor de 0,809, lo que sitúa al cantón de Turrialba en la posición 34 de un total de 81 cantones de Costa Rica, según el Atlas de Desarrollo Humano Cantonal 2020⁷. En comparación con el valor del ICC, obtiene mejor resultado en el IDH, lo que es positivo ya que en los componentes más relacionados con la esperanza de vida se encuentra más reforzado.

Desde una perspectiva de la planificación territorial y sectorial, como se ha comentado en el apartado anterior, definen objetivos e incluso acciones climáticas a implementar en un marco temporal acotado. Esta integración del cambio climático en planes estratégicos indica una vocación del cantón por resolver y aportar recursos. 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.

De todo ello se desprende que la capacidad adaptativa actual del cantón de Turrialba es aceptable, teniendo en cuenta que hay todavía un camino por recorrer en aras de mejorar algunos aspectos relevantes el acceso a servicios básicos (agua potable, electricidad, alcantarillado sanitario e internet) en algunas comunidades. Priorizar el bienestar socioeconómico de la población más vulnerable 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.

⁷ Disponible en: <https://www.cr.undp.org/content/costarica/es/home/atlas-de-desarrollo-humano-cantonal.html>

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 23. 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 consideran 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 23. 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 municipal en materia de adaptación climática se ha generado una matriz 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 al sistema evaluado (= adaptación climática municipal), 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 24. Fundamentos del análisis DAFO, 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 24. 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 participación de la población en la toma de decisiones, así como falta de proyectos de educación ambiental. Igualmente, existe una falta de capacitación en temas ambientales y falta de interés de las instituciones por participar de ello.

Desde la perspectiva económica, no se cuentan con presupuesto reservado para la adaptación y a los temas ambientales en general.

Por último, a nivel político se destaca la falta de comunicación entre las distintas instituciones, la falta de conocimiento y los intereses particulares en contraposición de los comunales.

Principales amenazas en la adaptación al cambio climático del cantón

Una de las principales amenazas identificadas es la pobreza de la población y la construcción en zonas vulnerables. A nivel técnico, se destaca la necesidad de capacitar a los funcionarios y la falta de articulación entre instituciones.

Desde la perspectiva económica todo lo reseñado se resume en falta de recursos. A nivel de las políticas, los conflictos existentes entre la normativa impiden actuar adecuadamente.

Principales fortalezas en la adaptación al cambio climático del cantón

Las principales fortalezas del cantón se enfocan en la presencia de varios grupos organizados con enfoque ambiental, en la solidaridad y la pluriculturalidad. A nivel técnico, en el cantón existe una oficina de Gestión de Riesgo y diversos planes y políticas que incluyen un enfoque transversal del riesgo y el medio ambiente.

Desde la perspectiva económica, se trata de un cantón que cuenta con recursos amplios que se pueden aprovechar de forma sostenible, para el turismo, por ejemplo.

Por último, se pone en valor un gobierno que cuenta con planes estratégicos y políticos y con el apoyo del Concejo Municipal.

Principales oportunidades en la adaptación al cambio climático del cantón

Entre las principales oportunidades identificadas se encuentra que las comunidades están dispuestas a participar y su propia cultura.

A nivel técnico se identifica como una oportunidad clave la posibilidad de compartir experiencias y conocimientos entre municipios. Desde la perspectiva económica, se busca potenciar el turismo local, así como las energías limpias.

Por último, se plantea como una oportunidad para el cantón la propia presencia de las instituciones y el mejoramiento de las políticas.

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 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 Municipales 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 de la gestión integral del cambio climático que se adopten en cada uno de los niveles de gobierno.

Los espacios de participación permiten conocer las opiniones, necesidades y experiencias 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 vulnerables. 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 25. Esquema de actividades previsto) se muestra el grado de avance en el esquema de actividades previsto.

Tabla 25. 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 6 de septiembre del 2021. Contando con la participación de personas de la municipalidad y de personas de la comunidad. En el siguiente recurso (Tabla 26. Personas asistentes a la Reunión Técnica 1) se brinda la información de quienes participaron.

Tabla 26. Personas asistentes a la Reunión Técnica 1

Nombre	Organización, institución, grupo u otro
Asier Rodríguez	IDOM
Alberto de Tomás	IDOM
Natalia Gómez	Plan A/UNEP
Jessie Vega	CPSU
Carla Quesada	CPSU
Luis Estrada	Encargado de Gestión de Riesgo, Municipalidad
Vanessa Valverde	Planificadora Urbana, 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.

En esta reunión se validó el plan de trabajo, y se discutieron aspectos cruciales para la continuidad del proceso como la creación del comité y el completar la Caja de Herramientas. Sobre el primer aspecto indicaron que ya tienen un grupo conformado dentro de la municipalidad, lo que falta es la incorporación de representantes de otras instancias externas, la cual depende de la asignación del Concejo, pero se comprometieron a gestionarlo antes del octubre, sin embargo, a la fecha de realización de este diagnóstico no se ha obtenido información de la oficialización de dicha comisión.

Sobre la Caja de Herramientas indicaron que el proceso se vio paralizado por la atención de la emergencia ocurrida en el cantón, pero adquirieron el compromiso de incorporar la información.

Durante la reunión se revisaron las principales amenazas de la zona, indicando que es un cantón multiamenaza, siendo frecuentes las inundaciones y deslizamientos. También se revisó la información disponible al momento, e indicaron la necesidad de incorporar el Plan Cantonal de Emergencias. Además, se comprometieron a ubicar la información georreferenciada sobre temáticas relevantes para el proceso.

La reunión técnica 2 se realizó el día 10 de octubre 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 2

Nombre	Organización, institución, grupo u otro
Natalia Gómez	Plan A/UNEP
Jessie Vega	CPSU
Carla Quesada	CPSU
Vanessa Valverde	Municipalidad de Turrialba
Lucrecia Esquivel	Municipalidad de Turrialba
Milagro Rowe	Municipalidad de Turrialba
Luis Sojo	Municipalidad de Turrialba
Gerardo Sequeira	Municipalidad de Turrialba
Luis Estrada	Municipalidad de Turrialba
Sandra Hernández	INDER
Carlos Seas	MAG
Eddy Romero	SENARA
Laura Benegas	CATIE

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 se validaron las amenazas a estudiar, así como la metodología a utilizar. Algunos elementos que surgieron en el espacio fue la posibilidad de analizar la variabilidad climática, así como mapear las fuentes de agua para ver la disposición de este recurso.

Tras la verificación de la información recolectada al momento, se señalaron algunos documentos adicionales a incorporar con el objetivo de robustecer el documento. Principalmente información institucional, por lo cual la municipalidad se compromete a hacer la solicitud y el seguimiento.

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 21 de enero contando con la presencia de las personas detalladas en la Tabla 28.

Tabla 28. Personas asistentes al Taller 1

Nombre	Organización, institución, grupo u otro
Jessie Vega	CPSU
Carla Quesada	CPSU
Diego Salazar Cubero	SINAC – PN Volcán Turrialba
Raquel Gómez	Plan A
Vanessa Valverde	Municipalidad de Turrialba
Luis Estrada Chavarría	Municipalidad de Turrialba
Daniel Segura Saborío	Municipalidad de Turrialba
Alexander Rodríguez Vargas	Municipalidad de Turrialba
Lucrecia Esquivel	Municipalidad de Turrialba
Elmer Salazar Rojas	Municipalidad de Turrialba
Esteban Hernández	Municipalidad de Turrialba
Adrián Sánchez	Municipalidad de Turrialba
Freddy Pizarro	SINAC Turrialba
David Loría Lázaró	ADI Chirripó y Promotor CONAI
Miguel Salazar Rodríguez	SINAC - ACC
Iveth Cerdas	Turrialba Sostenible
Alberto Agüero	Descubre Turrialba
Arturo Rodríguez	Municipalidad de Turrialba

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.

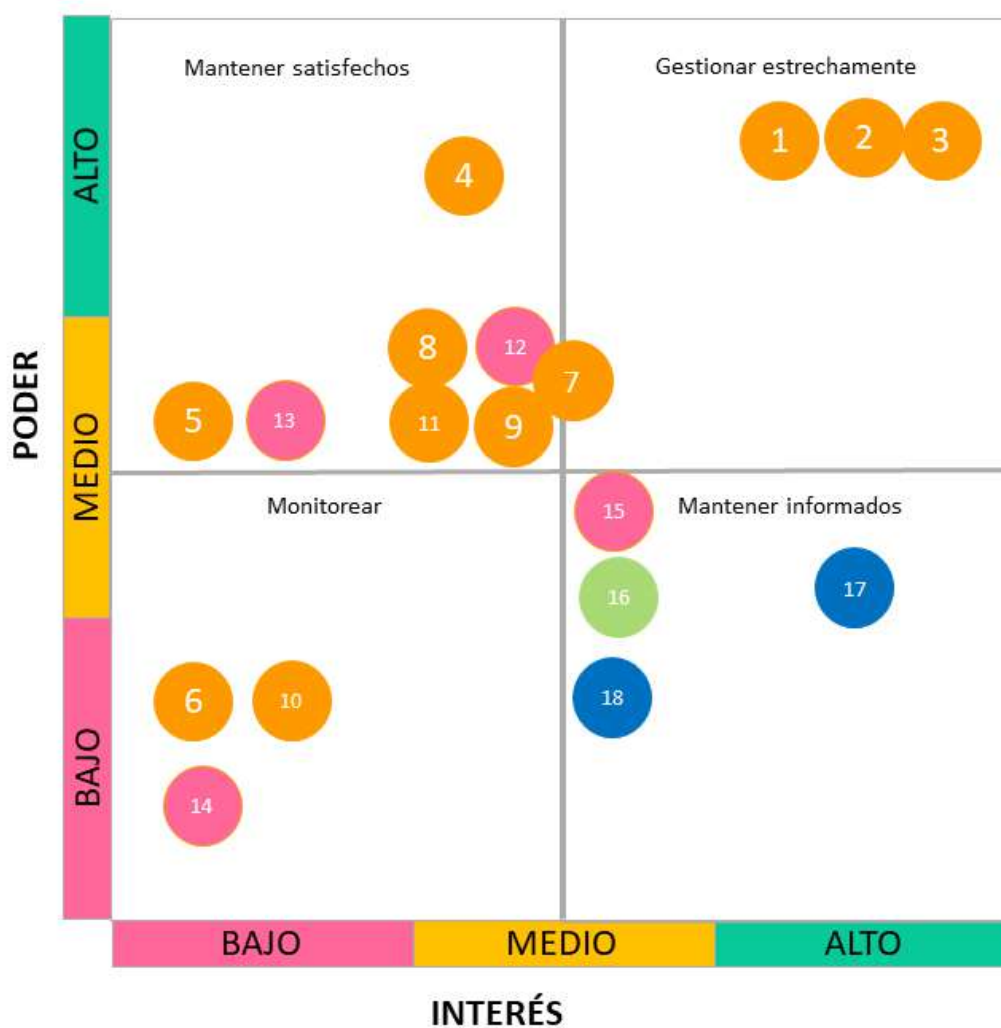
Como resultados del diagnóstico, se plantearon algunos ajustes en relación con las fincas agropecuarias o las vías, por ejemplo. Igualmente, se desarrolló un análisis DAFO con la Metodología World Café tomando en cuenta los aspectos sociales, técnicos, económicos y políticos. Los resultados de este análisis 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 29. Relevancia de actores identificados.

Figura 21. Matriz de relevancia de actores



Fuente: IDOM-CPSU (2021).

Tabla 29. Relevancia de actores identificados

Categoría de Actor	#	Nombre	Poder	Interés
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	Oficina de la Mujer	2	3
Sector Público	6	Ministerio de Salud	3	3
Sector Público	7	Comisión Nacional de Emergencias	2	2
Sector Público	8	Ministerio de Agricultura y Ganadería	2	2
Sector Público	9	Servicio Nacional de Riego y Avenamiento	2	2
Sector Público	10	Ministerio de Educación Pública	3	3
Sector Público	11	Instituto De Desarrollo Rural	2	2
Sector Privado	12	Cámaras de turismo	2	2
Sector Privado	13	Cámaras de comercio	2	3
Sector Privado	14	Bancos	3	3
Sector Privado	15	Empresas del cantón	2	2
Sociedad Civil	16	Asociaciones de Desarrollo	2	2
Academia	17	Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza	2	3
Academia	18	Universidad de Costa Rica	2	2

Escala	Influencia	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 Siguientes 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 13 de diciembre de 2021
Primer taller de validación (Presencial)	Semana del 17 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 07 de marzo de 2022
Entrega Plan de Acción para la Adaptación	Semana del 04 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 02 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 Turrialba.

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 PAAC, 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 sequía y deslizamientos 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 período actual.

Analizando los receptores del impacto, se deberá prestar especial atención a las actividades agropecuarias y a los humedales. Aproximadamente un 80% de las fincas dedicadas a estas actividades y la totalidad de los humedales podrían verse afectados por episodios de sequía con un riesgo medio-alto y alto. Por otro lado, aproximadamente un 60% de la población se encuentra en riesgo frente a deslizamientos e igualmente sufrirá el aumento de las temperaturas en forma de olas de calor.

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 PAAC.

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 las sequías, 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.
- 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).
- 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*.
- 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. (2020). *Producto 1. Diagnóstico de capacidades, necesidades y herramientas existentes. Componente 5. Monitoreo y Evaluación*.
- Ministerio de Ambiente y Energía. (2021). *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. (2021). *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 Planificación Nacional y Política Económica. (2013). *Índice de Desarrollo Social 2013*.
- Municipalidad de Turrialba. (2014). *Plan de Desarrollo Rural del Territorio Turrialba-Jiménez 2015-2020*.
- Municipalidad de Turrialba. (2015). *Plan Cantonal de Desarrollo Humano Local 2016-2026*.
- Municipalidad de Turrialba. (2015). *Plan Estratégico Municipal 2016-2021*.
- Municipalidad de Turrialba. (2018). *Plan de Conservación y Desarrollo de la Red Vial Cantonal 2019-2023*.
- Municipalidad de Turrialba. (2018). *Plan de Gestión Integral del destino turístico 2019-2022*.
- O'Neill, M. S., & Ebi, K. L. (2009). Temperature Extremes and Health: Impacts o 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*.
- Universidad de Costa Rica. (2017). *Índice de Competitividad Cantonal 2006-2016*.

10 Anexo 1. Metodología para el análisis de riesgos

En el presente 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 resume 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 30. 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).

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 31. 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 32. 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 33. 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 34. El mapa de pendientes obtenido es el que se muestra a continuación en la siguiente tabla:

Tabla 34. 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 35. 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 36. 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 - Sequía

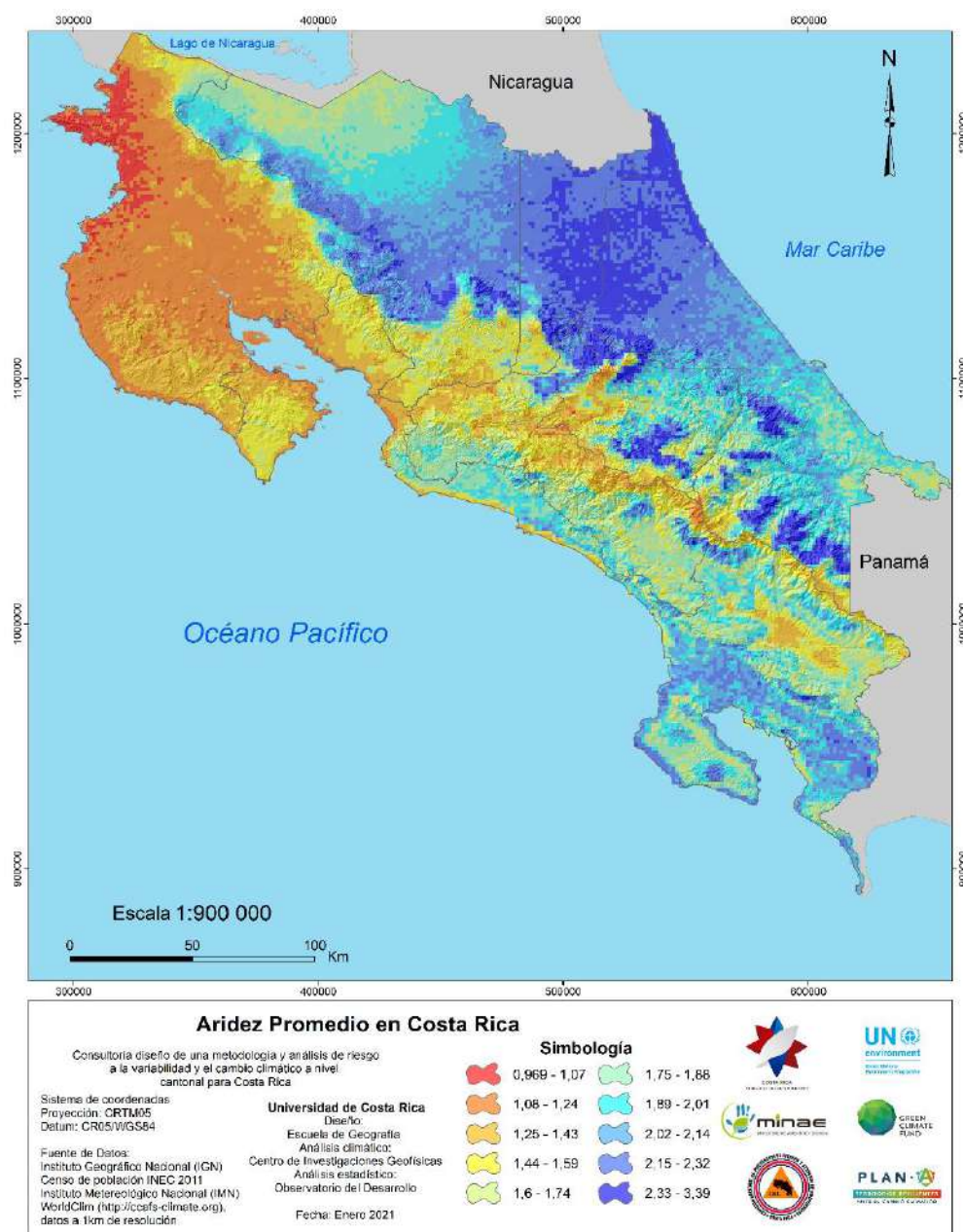
En el presente estudio se hace referencia a la sequía meteorológica, como una amenaza caracterizada por períodos prolongados sin lluvias, o con volúmenes de precipitación muy bajos.

Peligrosidad actual a sequía

Para caracterizar la peligrosidad de sequías en el territorio se ha utilizado un índice de aridez⁸ 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).

⁸ 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 37. 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 38. 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 100% 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 39. 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 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 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 40. 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 sectores 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	
	Ferrovías		Tipo de ferrovía	Baja	-	Al no contarse con información específica de las ferrovías se asocian todas ellas con una vulnerabilidad media.
				Media	Ferrovías	
				Alta	-	
	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	

Sector	Receptor	Amenaza	Indicador vulnerabilidad	Rangos		Criterio adoptado
Equipamientos	Salud	Deslizamientos Inundaciones	Número de camas	Baja	0-100	Se asocia una mayor capacidad de atención del centro de salud (número de camas) con una mayor vulnerabilidad.
				Media	100-200 / ND	
				Alta	>200	
	Educación		Tipo de centro educativo	Baja	Colegio virtual	Se asocian los centros educativos presenciales con una mayor vulnerabilidad. Se asocian igualmente los centros educativos para alumnos de preescolar o con necesidades especiales con una mayor vulnerabilidad.
				Media	CINDEA / Colegio público / Colegio nocturno / CTP / Escuela nocturna / Escuela pública / IPEC / Telesecundaria	
				Alta	Preescolar público / Centro especial / CAIPAD	
	Recurso hídrico		ASADAS	Baja	-	Al no contarse con información específica de las ASADAS se asocian todas ellas con una vulnerabilidad media.
				Media	ASADAS	
				Alta	-	
Áreas protegidas	Humedales	Sequías	Tipo de humedal	Baja	Bajos de lodo	Se asocian los tipos de humedal con una mayor necesidad de requerimientos hídricos de cada especie con una mayor vulnerabilidad.
				Media	Pantano arbustivo / Otros	
				Alta	Pantano herbáceo / manglar / lago / laguna / laguna costera / estero	
	Territorios indígenas	Deslizamientos Inundaciones Sequías	Porcentaje de población indígena dentro del territorio indígena	Baja	<25%	Se asocia una mayor presencia de población indígena en un territorio indígena con una mayor vulnerabilidad.
				Media	25%-75%; sin de datos población por UGM	
				Alta	>75%	



Sector	Receptor	Amenaza	Indicador vulnerabilidad	Rangos		Criterio adoptado
	Áreas naturales	Sequías	Tipo de área natural en función de la susceptibilidad al riesgo de incendios	Baja	Pasto en corredor biológico / otras coberturas	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 procesamiento 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

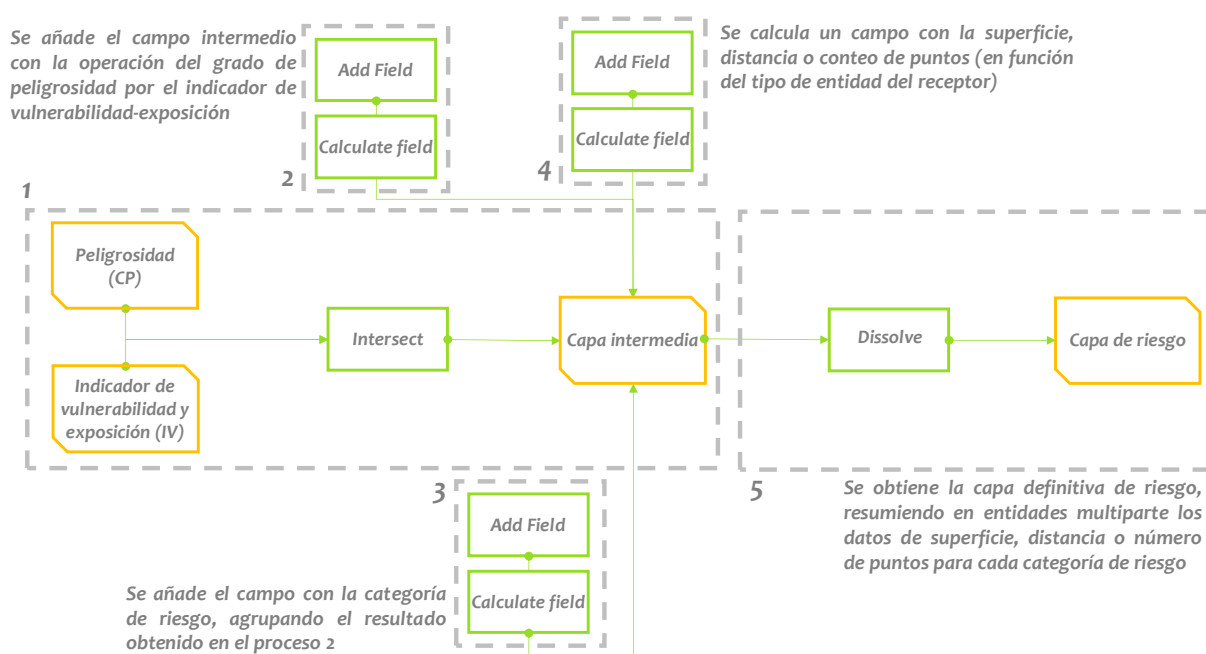
Una vez obtenidos y categorizados tanto los mapas de peligrosidad para las cuatro amenazas para los diferentes escenarios climáticos y horizontes, así como los indicadores de exposición y vulnerabilidad para los receptores estudiados, se procedió a la obtención del cálculo de riesgo. A continuación, se detallan de manera pormenorizada los pasos implicados en ese proceso. Para facilitar el entendimiento sobre los geoprocesos 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 a 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 40 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 41. 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 NASA⁹.

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.

⁹ 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).

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

- 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

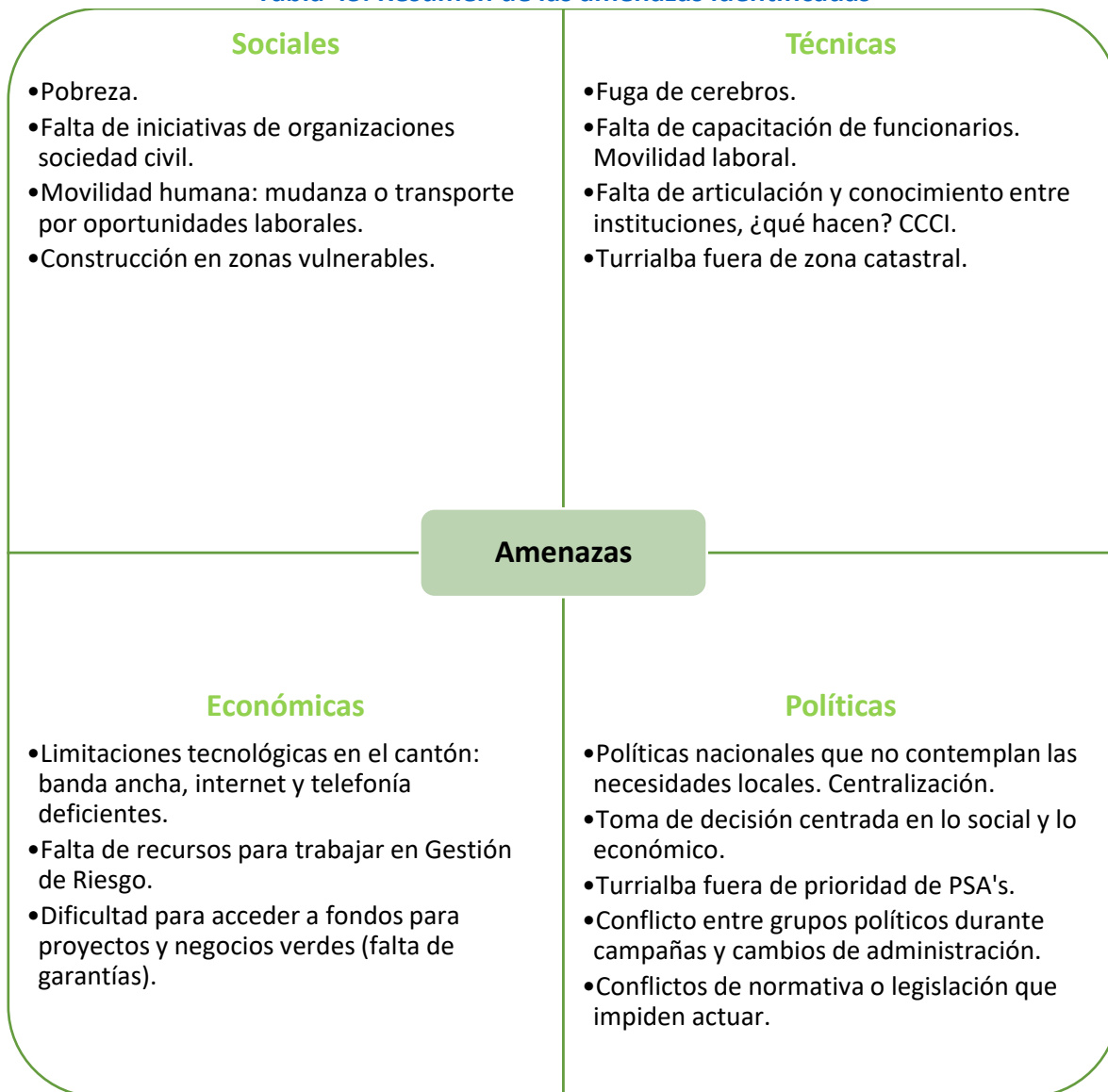
A continuación, se muestran los principales resultados derivados del análisis de Debilidades, Amenazas, Fortalezas y Oportunidades (DAFO), desarrollado durante el taller 1. Los resultados se analizaron tomando en cuenta los aspectos sociales, técnicos, económicos y políticos.

Tabla 42. Resumen de las debilidades identificadas

Sociales •Desconocimiento social de manejo en temas básicos de ambiente. •Falta de estrategias para la participación ciudadana. •Desconocimiento sobre el idioma de la población indígena. •Falta de consultas a los ciudadanos. •Falta de acciones para diferentes poblaciones en materia de educación ambiental. •Acceso a las tecnologías para la población. •Falta de comunicación con la sociedad civil desde la municipalidad.	Técnicas •Elaboración de un plan integrado de capacitación a la comunidad (instituciones). •Duplicidad de funciones. •Plaza de gestor ambiental sin ocupar o asignar. •Falta de supervisión en campo. La realidad es diferente a lo del papel. •Los profesionales trabajan como islas. •Falta de implementación de las políticas de Gestión de Riesgos. •Conflicto de competencias entre departamentos. •Falta de capacitación en el tema. •Utilización y acceso a las tecnologías. •Falta de coordinación entre los diferentes departamentos en las instituciones. •Falta de planificación. •Falta interés institucional en participar en temas ambientales. •Falta de claridad en las funciones. •Falta de recurso humano. Departamentos unipersonales. •Sobrecarga laboral de algunos funcionarios.
Económicas •Asignación de recursos para la adaptación. No presupuestan el tema. •Falta de presupuesto asignado al tema ambiental. •Falta de ejecución de presupuesto de la municipalidad. •En caso SINAC cada año es mayor el recorte presupuestario. Difícil abordar el tema cambio climático. •No hay suficientes recursos económicos. •Presupuesto insuficiente para trabajar comunalmente en capacitación. •Restricciones para ejecución presupuestaria. •Gastos no cobrables, por ejemplo costo de alineamientos no se pueden cobrar a los usuarios.	Políticas •Participación política del Concejo y Alcaldía. •Políticas cantonales débiles. No llegan al cumplimiento. •Falta resolver más rápidamente problemas, solicitudes, etc. •Poca o escasa comunicación con los diferentes entes competentes en permisos (SINAC-DA). •Falta conocimiento en el tema. •Intereses particulares o personales desde las personas del Concejo o partidos políticos.

Fuente: IDOM-CPSU

Tabla 43. Resumen de las amenazas identificadas



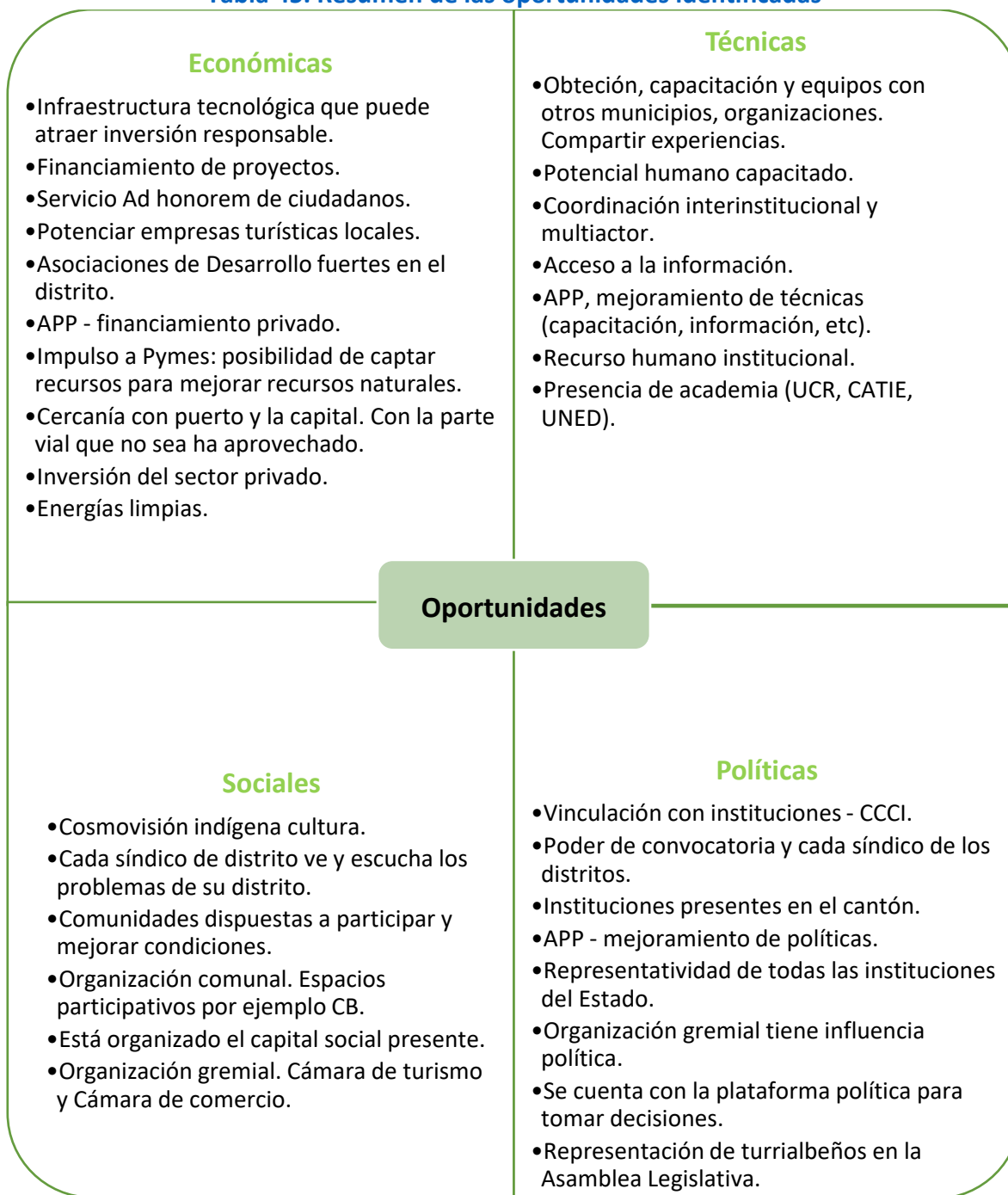
Fuente: IDOM-CPSU

Tabla 44. Resumen de las fortalezas identificadas

Sociales • Finca de 73 hectáreas. Asegurar el recurso hídrico. • Programa de educación ambiental. • Fuerzas vivas, comunidades organizadas. • Pluriculturalidad del cantón. • Organizaciones representantes comunales. • Plan para la erradicación de zonas de alto riesgo en los márgenes del río Turrialba y parque lineal. • Varios grupos organizados con un enfoque ambiental. • Respuesta y solidaridad social ante eventos.	Técnicas • Plan de desarrollo humano cantonal vigente. • Red gestores riesgo. • Existencia de la oficina de Gestión de Riesgo. • Proyecto Turrialba ODS. • Plan Integral de Residuos. • Trabajo transversal de la oficina de gestión de riesgo con las otras oficinas de la municipalidad. • Plan aprobado: Políticas, gestión y riesgo. • Se tiene un Plan de Gestión de Residuos. • Presencia de UNED, UCR, CATIE, INA y universidades privadas. • Política de reutilización del papel. Iniciativas a lo interno de la municipalidad con miras al ambiente: Digitalización.
Económicas • Recurso amplio que se puede aprovechar (de forma sostenible). • Potencial de trabajo de empresas exportadoras. • Diversidad de empresas públicas y empresas. • Incentivos económicos a las Pymes. • Hay recursos destinados a iniciativas como: Centro de transferencia, Acopio, programas. • Turismo: hay un inventario y apoyo del ICT. • Estabilidad zonas francas en el cantón.	Políticas • Planes estratégicos y políticos. Planes de Desarrollo Humano. • Capacidad de los funcionarios de solicitar apoyo al gobierno central. • Legislación vigente. • 63% de áreas protegidas. • Apoyo del Concejo Municipal. • Posición geográfica del cantón. • Conexiones con la institucionalidad.

Fuente: IDOM-CPSU

Tabla 45. Resumen de las oportunidades identificadas



Fuente: IDOM-CPSU