

PLAN DE ACCIÓN PARA LA ADAPTACIÓN CLIMÁTICA

CANTÓN NARANJO

Producto 2. Diagnóstico

Febrero de 2022

El presente documento fue elaborado para la Municipalidad de Naranjo 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 2. Diagnóstico consolidado

Supervisión técnica:

Ximena Apéstegui Guardia, Coordinadora del proyecto Plan A

Natalia Gómez Solano, Asistente técnica del proyecto Plan-A

Raquel Gómez, Asesora técnica de cambio climático, riesgo y planificación de la adaptación

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	26
3.4 Acciones climáticas en el cantón	26
4 Perfil climático	29
4.1 Clima histórico y registro de desastres asociados al clima	30
4.2 Proyecciones climáticas	35
4.3 Amenazas a considerar	37
4.4 Categorización de la peligrosidad	40
4.5 Receptores sensibles y cadenas de impacto	52
4.6 Exposición y vulnerabilidad	61
4.7 Caracterización de riesgos climáticos	67
4.8 Capacidad adaptativa actual	79
5 Lineamientos estratégicos	82
5.1 Políticas y reportes nacionales en materia de acción climática	82
5.2 Análisis DAFO	84
5.3 Elementos estructuradores de la propuesta de adaptación	87
6 Avances en el proceso participativo	89
6.1 Avances hasta la fecha	89
6.2 Mapeo de actores	92
7 Siguiendo pasos	95
8 Conclusiones y recomendaciones	98
9 Referencias	101
10 Anexo 1. Metodología para el análisis de riesgos	102
10.1 Peligrosidad	102
10.2 Exposición y vulnerabilidad	112
10.3 Cálculo del riesgo	117
11 Anexo 2. Proyecciones climáticas en Costa Rica	119
12 Anexo 3. Análisis DAFO	122



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
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	17
Figura 2. Áreas de Especial Protección y corredores biológicos	20
Figura 3. Usos del suelo 2020	25
Figura 4. Conceptualización del riesgo climático	29
Figura 5. Precipitación media anual en Naranjo	31
Figura 6. Temperatura máxima media anual en Naranjo.....	32
Figura 7. Temperatura mínima media anual en Naranjo	33
Figura 8. Climodiagrama.....	34
Figura 9. Mapa de amenazas hidrometeorológicas	38
Figura 10. Mapa de peligrosidad de inundaciones.....	43
Figura 11. Mapa de peligrosidad de deslizamientos	46
Figura 12. Mapa de peligrosidad de sequías.....	49
Figura 13. Mapa de vulnerabilidad de la población.....	65
Figura 14. Mapa de vulnerabilidad de del hábitat urbano.....	66
Figura 15. Composición espacial del riesgo climático.....	68
Figura 16. Mapa de riesgo de inundaciones sobre población y hábitat urbano..	71
Figura 17. Mapa de riesgo de inundaciones sobre sector agropecuario y vías ..	72
Figura 18. Mapa de riesgo de deslizamientos sobre población y hábitat urbano	75
Figura 19. Mapa de riesgo de sequías sobre sector agropecuario.....	77
Figura 20. Mapa de riesgo de olas de calor sobre población y hábitat urbano..	79
Figura 21. Matriz de relevancia de actores	93
Figura 22. Índice de aridez promedio	108

Tablas

Tabla 1. Distribución de la población.....	21
Tabla 2. Actividades productivas	22
Tabla 3. Área cultivada de café por distrito	22
Tabla 4. Superficies por uso del suelo.....	23
Tabla 5. Superficies por distrito y uso del suelo.....	24
Tabla 6. Cambios en el uso del suelo	24
Tabla 7. Eventos asociados al clima (1988-2019)	35
Tabla 8. Proyecciones climáticas de precipitación en Naranjo	36
Tabla 9. Proyecciones climáticas de temperatura máxima en Naranjo	37
Tabla 10. Proyecciones climáticas de temperatura mínima en Naranjo	37
Tabla 11. Porcentajes de cambio de la variable R95p	41
Tabla 12. Porcentajes de cambio de la variable CDD	50
Tabla 13. Receptores sensibles	52
Tabla 14. Cadenas de impactos asociadas a las inundaciones.....	54
Tabla 15. Cadenas de impactos asociadas a los deslizamientos.....	55
Tabla 16. Cuantificación de daños por eventos organizado por receptores 1988-2019	56
Tabla 17. Cadenas de impactos asociadas a las sequías.....	57
Tabla 18. Cuantificación de daños por eventos organizado por receptores 1988-2019	58
Tabla 19. Cadenas de impactos asociadas a las olas de calor.....	58
Tabla 20. Impactos indirectos sobre la población en situación de vulnerabilidad frente al cambio climático	60
Tabla 21. Indicadores de análisis de las amenazas.....	62
Tabla 22. 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.....	70
Tabla 23. 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.....	74
Tabla 24. 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.....	76
Tabla 25. 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.....	78
Tabla 26. Lineamientos contenidos en la PNACC	83
Tabla 27. Fundamentos del análisis DAFO.....	85
Tabla 28. Esquema de actividades previsto	89
Tabla 29. Personas asistentes a la Reunión Técnica 1	90
Tabla 30. Personas asistentes a la Reunión Técnica 2	91
Tabla 31. Personas asistentes al Taller 1	91

Tabla 32. Relevancia de actores identificados	93
Tabla 33. Categorización de la evolución prevista de la peligrosidad asociada a lluvias intensas	103
Tabla 34. Categorización de pendientes como criterio para la componer la peligrosidad espacial de inundaciones.....	104
Tabla 35. Peligrosidad a inundaciones	104
Tabla 36. Clasificación de los niveles de peligrosidad asociados a inundaciones	105
Tabla 37. Categorización de pendientes como criterio para la componer la peligrosidad espacial de deslizamientos	106
Tabla 38. Peligrosidad a deslizamientos	106
Tabla 39. Clasificación de los niveles de peligrosidad asociados a deslizamientos	107
Tabla 40. Categorización de la aridez	109
Tabla 41. Categorización de la evolución prevista de la peligrosidad asociada a déficit de lluvias	110
Tabla 42. Clasificación de los niveles de peligrosidad asociados a déficit de lluvias	110
Tabla 43. Categorización de la evolución prevista de la peligrosidad asociada a olas de calor	112
Tabla 44. Modelos climáticos incluidos en el ensamble NASA-NEX y sus características.....	120
Tabla 45. Resumen de las fortalezas identificadas.....	124
Tabla 46. Resumen de las oportunidades identificadas	125

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.

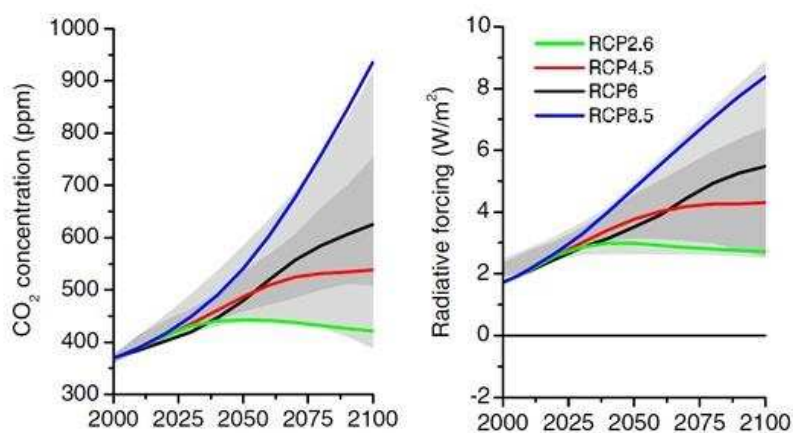


Figura 1. Escenarios de trayectorias de concentración representativas (van Vuuren et al. 2011)

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

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

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

En este contexto se desarrollan por parte de la asociación entre IDOM y el Centro Para la Sostenibilidad Urbana (CPSU) los servicios de "Consultoría para la integración efectiva de estrategias de adaptación al cambio climático en procesos de planificación municipal en los cantones de 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 Naranjo. 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 Naranjo (PAAC).

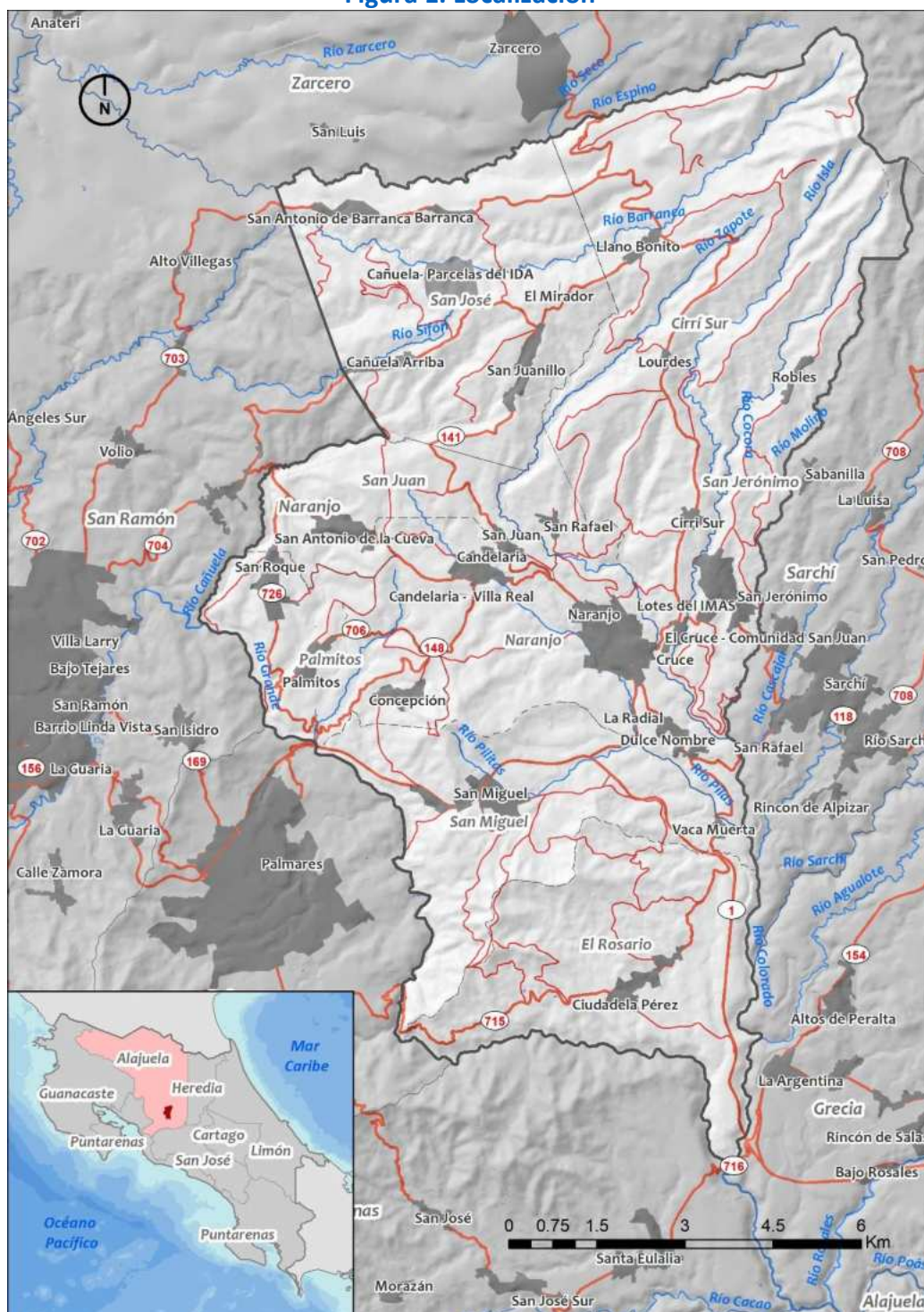
3 Perfil local

3.1 Contexto geográfico

Naranjo es el cantón número seis de la provincia de Alajuela. Su extensión aproximada es de 126 km² y limita con el cantón de Zarcero al norte, al oeste con San Ramón y Palmares, al sur con Atenas y al este con Sarchí y Grecia (Municipalidad de Naranjo, 2018).

Se compone por ocho distritos: Naranjo, San Miguel, Cirrí Sur, San Jerónimo, San Juan, El Rosario, Palmitos y San José.

Figura 1. Localización



Fuente: IDOM-CPSU (2021).

3.1.1 Topografía, geología y geomorfología

Naranjo se encuentra cerca del pie de las estribaciones de la Cordillera Volcánica Central y formado por la unidad geomórfica de origen volcánico. Esta se divide en dos subunidades denominadas volcán Poás, y se localiza hacia el norte de villa Rosario y cerros y valles del Aguacate.

En esta subunidad se encuentran distintos tipos de rocas volcánicas, principalmente de composición andesítica. Su forma actual es el resultado del cúmulo de diferentes coladas lávicas y de piroclastos.

Del período Terciario se encuentran rocas de origen volcánico y sedimentario. Las volcánicas del Mioceno se agrupan bajo el nombre de Aguacate, y se localiza desde villa Rosario hasta el poblado San Antonio de Barranca y el cerro Crisanto. Las rocas sedimentarias del Plioceno corresponden con material lacustre que se encuentran en la margen del río Grande (Municipalidad de Naranjo, 2018).

En cuanto a su geomorfología, los relieves volcánicos originales han ido perdiendo su forma. El resultado de la erosión fluvial son desniveles laterales fuertes entre las cimas amesetadas cuspidales y los flancos de fuerte pendiente y los fondos cauces de los ríos donde se establecen los cultivos de café.

3.1.2 Hidrología

El cantón de Naranjo está conformado por las cuencas de los ríos San Carlos, Barranca y Grande, siendo esta última la principal. Esta se inicia en los Montes de Pata de Gallo. La cuenca del Barranca discurre hacia el oeste en el extremo septentrional del cantón y la del río San Carlos sirve de límite entre Naranjo y Zarcero.

Su red fluvial está bien definida y se compone por los ríos Colorado, Matina, Pilas, Grande, Espino, Barranca y Cocora; y las quebradas San Lucas y Candelaria (Consejos Territoriales de Desarrollo Rural, 2016).

El diseño de esta red es dendrítico y subdendrítico, lo que refleja la tendencia a tener pisos arcillosos, y, por tanto, una tendencia a la erosión superficial y laminar, así como a los procesos de soliflucción y remoción en masa que se relacionan con la presencia de arcillas.

En cuanto a las masas de agua subterránea, se cuenta con la presencia de pozos de los que 97 están registrados en los archivos del Servicio Nacional de Aguas Subterráneas, Riego y Avenamiento; y su uso es doméstico, riego, industrial y agropecuario. Además, existen manantiales para diversos usos. Los manantiales para abastecimiento público son los utilizados por la Municipalidad de Naranjo y por varias Asociaciones Administradoras de Acueductos (ASADAS), y tienen una zona de protección para conservar su calidad.

3.1.3 Áreas de especial protección y corredores biológicos

En el cantón de Naranjo existen zonas que presentan algún tipo de régimen de protección especial, como es el caso de las Áreas de Conservación Cordillera Volcánica Central o los corredores biológicos. Se representan en la Figura 2. Áreas de Especial Protección.

Áreas de Conservación Cordillera Volcánica Central

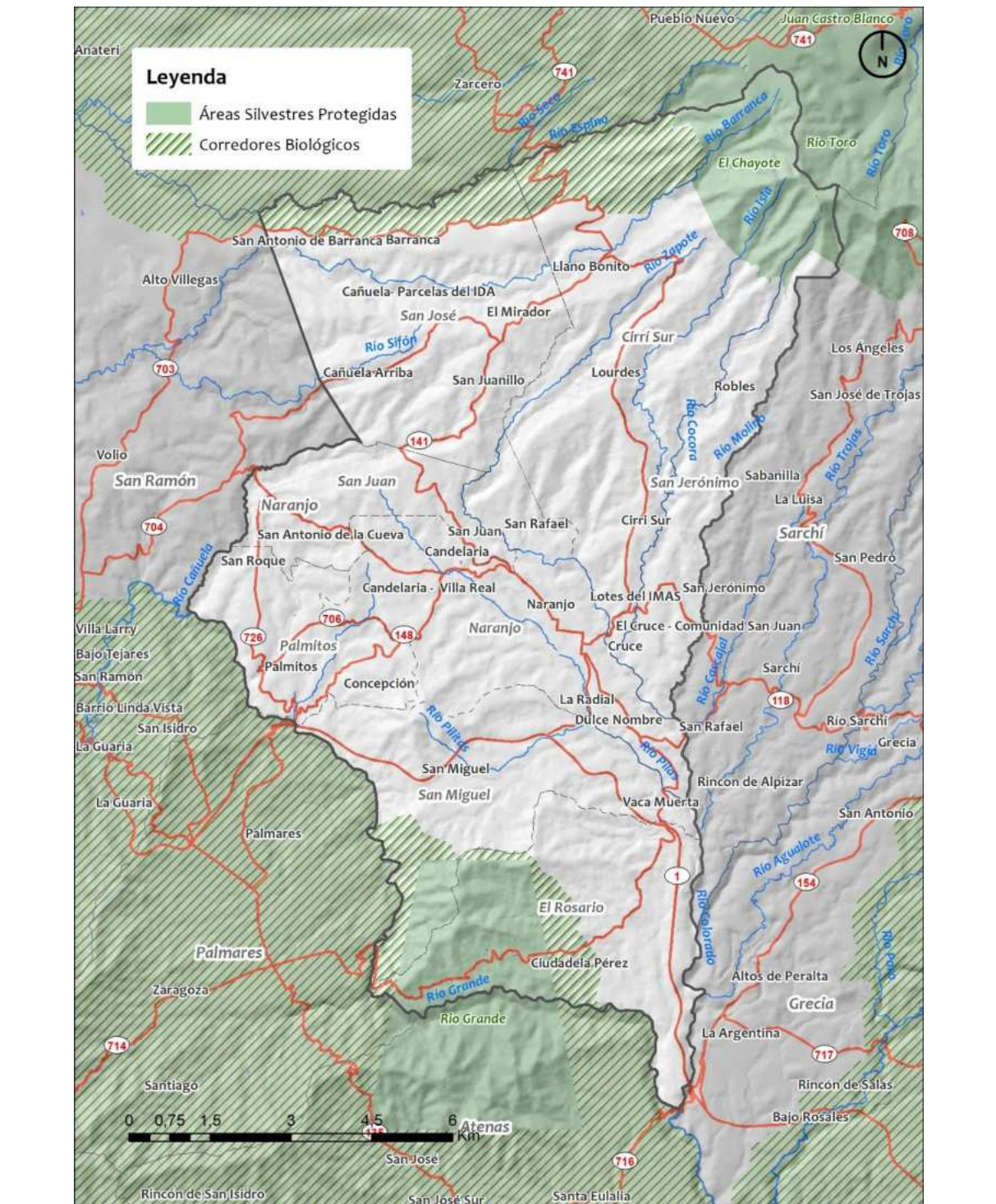
- Zona protectora del Río Grande: discurre por otros dos cantones más, Palmares y Atenas, y protege zonas de bosque húmedo tropical transición a premontano y bosque muy húmedo premontano.
- Zona protectora El Chayote: la mayor parte de su superficie se encuentra en Naranjo, pero una pequeña zona está en el cantón de Zarco. Se encuentra ligada a otras áreas con fines de conservación de los ecosistemas y la biodiversidad.
- Zona protectora Río Toro: esta también está repartida entre varios cantones y se caracteriza por la presencia de cedros dulces, cipresillos y robles.

Masas de agua superficiales (SINAC)

Se trata de la masa palustre Santa Margarita, situado al sur del cantón y próximo a la calle Rosario. Sus límites se encuentran dentro de la zona protectora del Río Grande.

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:

- C39. Monte del Aguacate
- C41. Paso de las Nubes



Fuente: IDOM-CPSU (2021).

3.2 Caracterización socioeconómica

3.2.1 Población

Los datos del último censo oficial publicado en 2011 por el Instituto Nacional de Estadística y Censo (INEC) indican que la población total en el cantón de Naranjo es de 42.713 habitantes, correspondiendo el 54% con población urbana. En cuanto a la densidad poblacional es de 337 personas/km².

Como se muestra en la siguiente tabla (Tabla 1. Distribución de la población), la mayor parte de la población vive en el distrito de Naranjo, con una diferencia muy significativa respecto al distrito de San Juan que es el que menor población aglutina, aunque la densidad menor se encuentra en Cirrí Sur.

Tabla 1. Distribución de la población

Distrito	Población	Densidad de población	% población urbana
Naranjo	15.936	908	84,5
San Miguel	4.657	310,5	49,8
San José	3.162	154,4	31,1
Cirrí Sur	4.552	141,8	26,2
San Jerónimo	3.264	345,8	63,3
San Juan	3.114	443,6	41,5
El Rosario	3.757	223,2	36,7
Palmitos	4.271	520,9	7,9
Total	42.713	337,3 (media)	53,9 (media)

Fuente: INEC (2011).

3.2.2 Actividades productivas

El entorno de la ciudad de Naranjo se fue consolidando a partir de pequeños polos de desarrollo, vinculados generalmente a las vías de comunicación y accesos. Esta ciudad está próxima al principal eje regional, la carretera Bernardo Soto, lo que implica una ventaja estratégica no solo dentro del cantón, si no a un nivel territorial más amplio.

Las actividades productivas que se desarrollan en el cantón se estructuran del siguiente modo, según datos recogidos en el Plan Regulador para el año 2006:

- **Sector primario:** las fincas de café suponen la actividad predominante.
- **Sector agroindustrial:** principalmente relacionado con la industria cafetera.
- **Industria:** las ebanisterías son dominantes en este sector.
- **Comercio y servicios:** el comercio de pulpo y los servicios personales, financieros, educativos privados y las cantinas, servicios recreativos, transporte y turismo, corresponden con casi el 54% de las actividades productivas.

Tabla 2. Actividades productivas

Actividad	Actividad dominante	Porcentaje cantonal
Primaria	Café	45,79%
Primaria intensiva	Viveros	0,42%
Agroindustria	Café	0,59%
Industria	Ebanistería	2,65%
Comercio	Pulperías	29,44%
Servicios de comidas y bebidas	Cantinas y bares	7,70%
Servicios personales	Reparación de autos	7,57%
Servicios financieros	Bancos	0,38%
Servicios educativos privados	-	0,21%
Recreación	Salones de baile	3,03%
Transporte	Taxi	4,54%
Turismo	-	0,50%

Fuente: Plan Director (2018).

Según datos del MAG del 2010, el 72% de las actividades agroproductivas más importantes corresponden con el cultivo de café, seguido de la producción de leche.

Respecto al cultivo de café, casi todo se encuentra en el distrito de Naranjo. En la siguiente tabla (Tabla 3. Área cultivada de café por distrito) se recogen las áreas cultivadas por distrito:

Tabla 3. Área cultivada de café por distrito

Distrito	Área cultivada
Naranjo	1.049,5
San Miguel	855,3
San José	790,5
Cirrí Sur	815,1
San Jerónimo	462,3
San Juan	510,3
El Rosario	666,1
Palmitos	406,9
Total	5.555,9

Fuente: INEC (2011).

En cuanto al tejido industrial, cabe esperar que en el cantón se encuentre de forma predominante la industria ligada a la producción cafetera, y del mismo modo con la producción lechera.

Por último, los servicios se concentran especialmente en Naranjo centro y sobre los ejes de comunicación principales. Prácticamente la mitad de las actividades productivas están relacionadas con los servicios, aunque algunos de estos están muy poco representados, como es el caso de los servicios financieros (bancos), la educación privada o el turismo.

3.2.3 Usos del suelo

Como se puede ver en la Tabla 4. Superficies por uso del suelo, alrededor del 44% del suelo corresponde con cultivos permanentes que, sumado a los cultivos anuales, la actividad pecuaria, los pastos y las plantaciones forestales, casi alcanza el 72% del territorio del cantón dedicado a actividades agropecuarias. En este sector destaca el cultivo del café, con un 43,5% de la superficie de Naranjo.

En cuanto al uso urbano, la mayor parte corresponde con uso residencial y en segundo lugar el industrial. Esto demuestra que se trata de un cantón rural, ya que casi el 90% de la cobertura tiene este carácter.

Tabla 4. Superficies por uso del suelo

Uso general	Uso específico	Área m ²	%
Urbano	Urbano	11.631.498,72	9
Área Urbana en Transición	Área Urbana en Transición	333.937,23	0,3
Cultivos Permanentes	Café	55.559.716,61	43,5
Cultivos Permanentes	Caña de Azúcar	598.212,90	0,5
Cultivos Anuales	Hortalizas y granos	6.541,15	0,005
Cultivos Anuales	Frutales	880.038,58	0,7
Cultivos Anuales	Otros Cultivos	18.839.260,18	14,7
Explotación Agropecuaria	Explotación Agropecuaria Confinada	51.378,98	0,05
Pastos	Pastos	2.710.449,89	2,1
Pastos	Pastos con Árboles Dispersos	13.163.431,62	10,3
Plantaciones Forestales	Plantaciones Forestales	42843,35	0,04
Cobertura Boscosa	Bosque	20.220.085,84	15,8
Charral	Charral	1.595.833,23	1,2
Terrenos No Cultivables	Terrenos No Cultivables	2.222.785,59	1,7
Total		127.856.013,87	100,0

Fuente: IDOM-CPSU a partir del Plan Regulador (2010).

La distribución distrital de los usos del suelo refleja que el distrito de Naranjo es el que mayor suelo con uso urbano tiene. En cuanto a los cultivos, Cirrí Sur y San José aglutinan casi el 70% de los cultivos del cantón. En la siguiente tabla (Tabla 5. Superficies por distrito y uso del suelo) se recoge esta información:

Tabla 5. Superficies por distrito y uso del suelo

Uso	Cirrí Sur	San José	San Juan	San Jerónimo	Naranjo	Palmitos	San Miguel	Rosario
Urbano	1.498.598,6	1.487.324,1	861.407,2	834.016,3	3.107.410,9	1.445.320,9	1.232.424,2	1.164.514,3
Urbano en transición	16.005,0	-	-	-	75.977,9	9.799,7	-	232.154,6
Cultivos	15.160.403,9	14.342.233,5	5.292.179,4	6.072.542,5	11.646.279,3	4.952.768,9	10.226.433,9	8.190.908,8
Agropecuario	4.924,7	23.539,1	16.717,7	-	422,0	-	5.775,5	-
Pastos	7.143.603,9	1.651.348,2	33.365,2	1.093.216,1	827.463,5	611.035,9	2.169.532,8	2.344.314,9
Plantaciones forestales	-	-	-	-	-	-	42.843,35	-
Bosque	8.003.101,5	3.304.756,2	687.216,3	1.043.096,7	1.180.504,2	584.449,4	1.541.090,0	3.875.871,6
Charral	84.607,9	222.906,1	54.266,1	12.664,9	107.528,6	337.195,5	107.143,4	669.520,8
No cultivable	293.610,1	209.491,9	0	58.713,5	235.156,3	157.034,8	540.383,7	728.395,4

Fuente: IDOM-CPSU a partir del Plan Regulador (2010).

Ese mismo perfil agrícola es señalado por otra fuente, la Agencia Espacial Europea bajo la *Climate Change Initiative* (CCI). Tal y como se muestra en la Tabla 6. Cambios en el uso del suelo, la superficie dedicada a los cultivos ha aumentado en más de un 13%, en detrimento de la vegetación natural y semi-natural presente en este territorio. La huella urbana también ha aumentado en las últimas dos décadas. La Figura 3 muestra el mapa de usos del suelo en 2020.

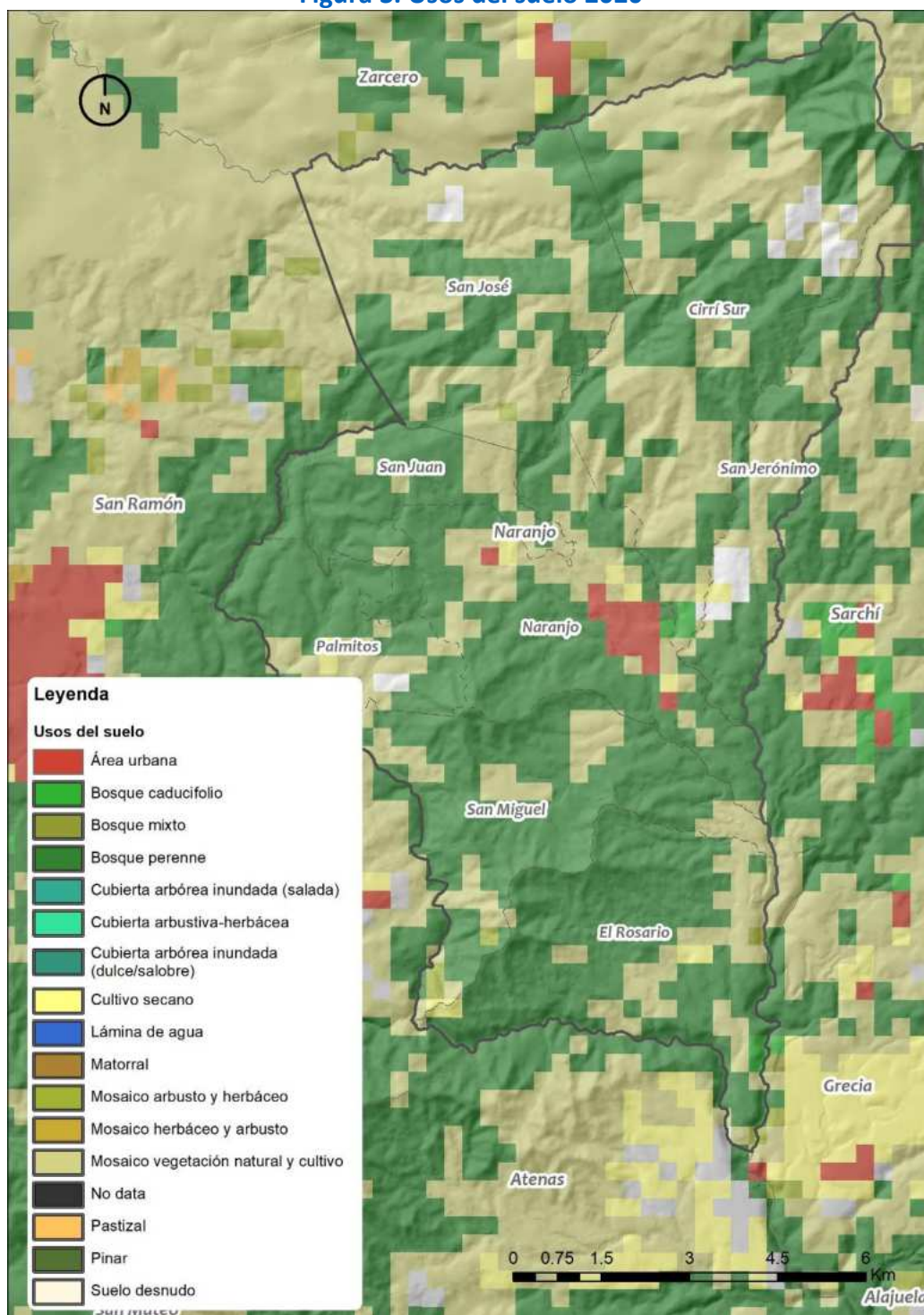
Tabla 6. Cambios en el uso del suelo

Cobertura	2000 (%)	2020 (%)	Tasa de cambio (%)
Cultivos	25,44	38,50	13,06
Vegetación natural y semi-natural terrestre	73,89	60,47	-13,42
Áreas urbanas	0,66	1,03	0,37
Total	100	100	-

Fuente: IDOM-CPSU 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 Naranjo cuenta con instrumentos específicos en materia de planificación a nivel territorial, 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 Territorial (PDRT) Atenas/Palmares/Naranjo/San Ramón/Zarcero 2016-2021 (2016)**

Este Plan supra cantonal, es una herramienta de planificación que tiene como fin orientar el desarrollo integral del territorio y se formular de forma participativa. La visión que propone para este ámbito, donde está incluido el cantón de Naranjo, es: “Ser un territorio con un sistema organizacional fortalecido, dinámico, motivador y estable, para la generación de oportunidades que promuevan el bienestar social, económico, cultural, ambiental, políticos e infraestructura de las iniciativas que impacten positivamente sobre los diferentes índices de desarrollo en cada uno de sus participantes”.

Sus objetivos son:

- Favorecer la capacidad de gestión de la población en el desarrollo de su territorio
- Armonizar el desarrollo rural con el uso sostenible de los recursos naturales
- Establecer compromisos y responsabilidades de los actores
- Orientar el plan para armonizar la inversión en el territorio con otros planes de desarrollo

Su aproximación al desarrollo sostenible desde el punto de vista del ámbito rural, así como su influencia en un territorio más amplio que el cantonal, contribuye a la capacidad adaptativa de esta parte del territorio frente al cambio climático.

- **Plan Regulador**

El Plan Regulador del cantón de Naranjo tiene por objetivo general dotar a la municipalidad de herramientas técnicas para un adecuado uso del territorio, para permitir un proceso ordenado y eficaz para sustentar la toma de decisiones y la promoción del desarrollo sostenible.

Estos objetivos van en consonancia con el presente Plan de adaptación al cambio climático, puesto que una ordenación y planificación de los usos del territorio adecuada es una medida clave.

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.
6. Cooperación entre países.

El cantón de Naranjo ha definido algunas acciones climáticas de forma transversal en sus planes territoriales, que en este caso se concretan en el PDRT. En la siguiente tabla se recogen algunas de estas:

- Proyectos de mejoramiento de caminos y construcción de carreteras con las condiciones idóneas respectivas al territorio
- Apoyar proyectos de construcción de infraestructura que promueva y fortalezca el turismo
- Apoyar proyectos que permitan la explotación sostenible de las áreas del sistema nacional de áreas de conservación
- Promover la organización de los distintos sectores en procura de solventar las diferentes necesidades de infraestructura que están enfrentando para lograr una buena prestación de servicios
- Formar grupos de Concejos Participativos en cada uno de los cantones del territorio
- Creación de comités ambientales donde la comunidad de edad escolar cuente con la oportunidad de implementar todas sus ideas, como generación ambientalista
- Apoyo de iniciativas involucradas en la protección y recuperación de las áreas de infiltración y descarga de mantos acuíferos
- Aplicación de la legislación ambiental en materia de recurso hídrico
- Centros de manejo de residuos sólidos y sistemas de tratamiento de aguas residuales
- Sensibilización a la población territorial del manejo de residuos sólidos y aguas residuales
- Contribuir en la protección de la cuenca de los territorios
- Incentivar los sistemas agroforestales

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

- Fomento a los incentivos de PSA
- Fortalecimiento de los corredores biológicos dentro del territorio
- Implementación de buenas prácticas agrícolas e los productores del territorio
- Promover la implementación de energías limpias y de técnicas innovadoras con un bajo nivel de emisiones
- Promover la generación y el conocimiento de los planes de contingencia ante un riesgo natural. Asimilación y capacidad de respuesta, relacionado con el cambio climático

Junto a estas, en los talleres con la Municipalidad se ha comentado una lista de acciones ejecutadas por el cantón:

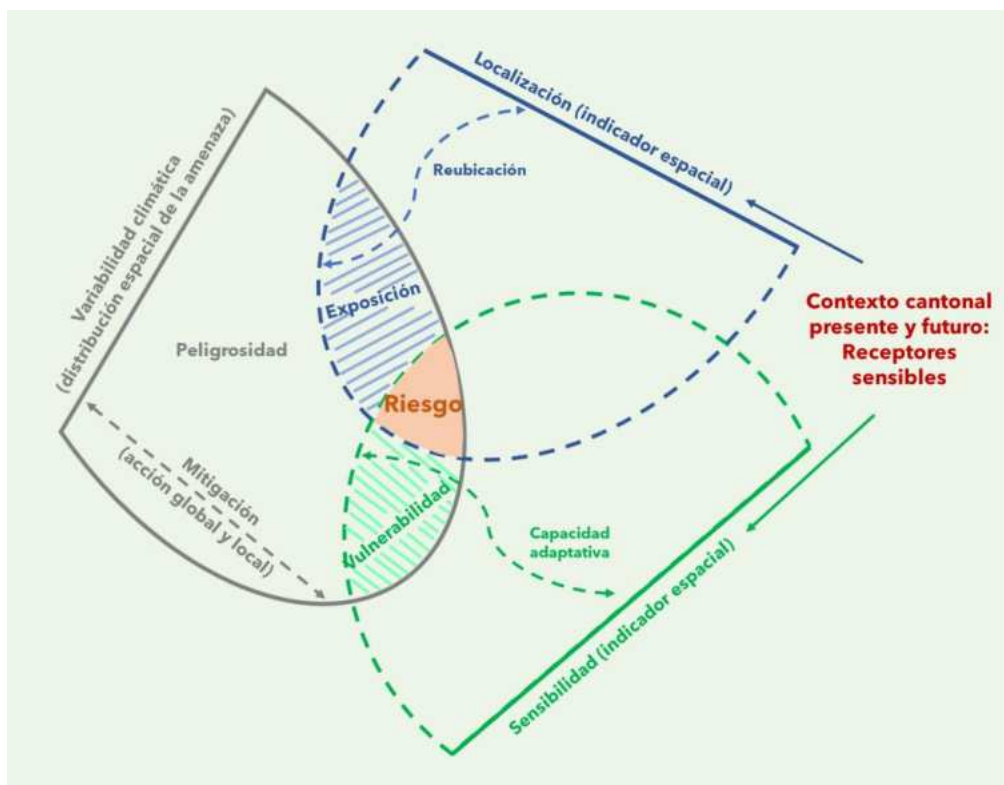
- Recuperación de áreas de protección del río La Isla mediante un proyecto del SINAC.
- Proyecto de desarrollo de jardines internos y externos con especies nativas.
- Proyectos agrícolas con agroforestería y abejas nativas apis y meliponas.
- Reforestación del Cerro Espíritu Santo con más de 7.000 árboles.
- En el sector agrícola, junto al MAG, se ha implementado: medidas para la disminución de herbicidas, charlas con productores favoreciendo las agroforestería dado que el café que es rentable en la zona es con sombra, reconocimiento de fincas con Bandera Azul Ecológica (12 en total cuentan con él), reconocimiento de carbono neutral (1) y 25 fincas dentro de la NAMA Ganadería (Acción de Mitigación Nacionalmente Apropiada).

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

4 Perfil climático

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

Figura 4. Conceptualización del riesgo climático



Fuente: IDOM-CPSU (2021).

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

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

La exposición por su parte 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

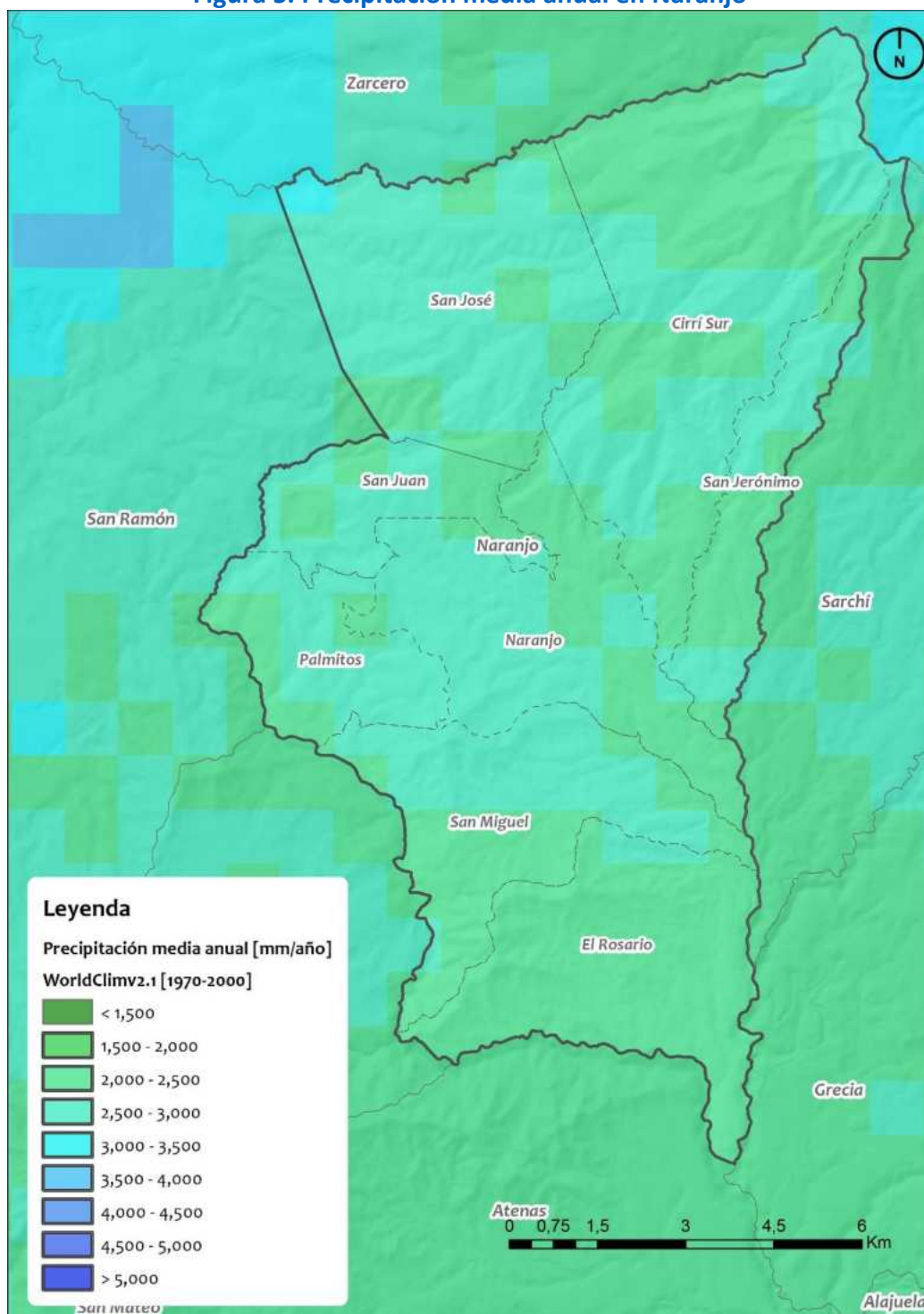
En la elaboración de este apartado se ha utilizado tanto información de estaciones meteorológicas del INM, así como mapas de las principales variables climáticas (precipitación, temperatura máxima y temperatura mínima) de la iniciativa WorldClim, para poder analizar su distribución y variabilidad espacial. 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 clima en el cantón de Naranjo, incluido en la región climática del Valle Central es tropical lluvioso con un período seco corto y moderado que abarca de enero a marzo (IMN, 2021).

4.1.1 Precipitación

La precipitación media es de 2.493,9 mm/año, sin variaciones entre máximas y mínimas, repartidas de forma regular por todo el cantón.

Figura 5. Precipitación media anual en Naranjo

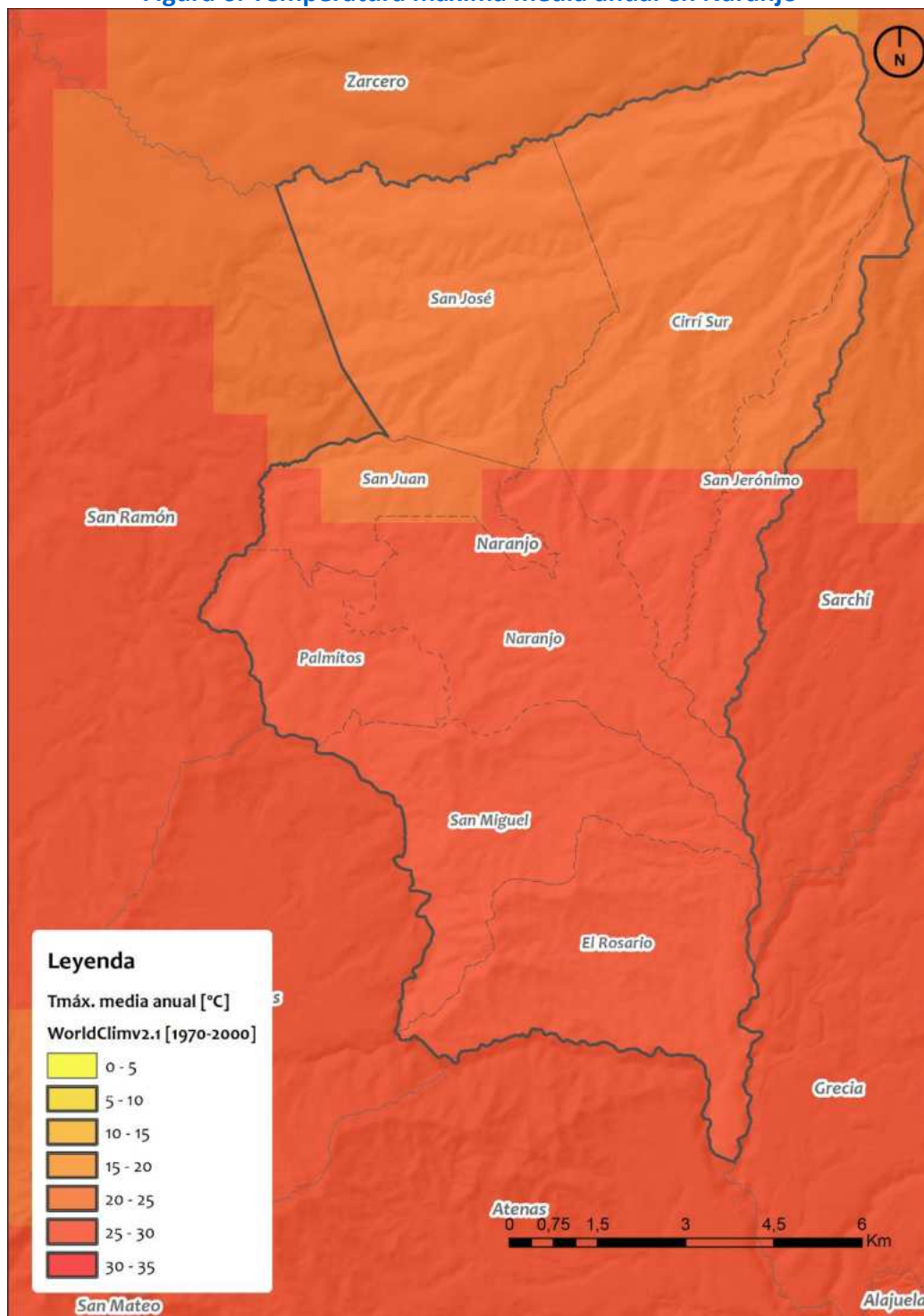


Fuente: IDOM-CPSU a partir de los datos de WorldClim (2021).

4.1.2 Temperatura

El territorio de Naranjo queda dividido en dos zonas diferenciadas por su temperatura. al norte se alcanzan las mínimas y al norte las máximas. El conjunto del cantón tiene una Tª media de 25°C.

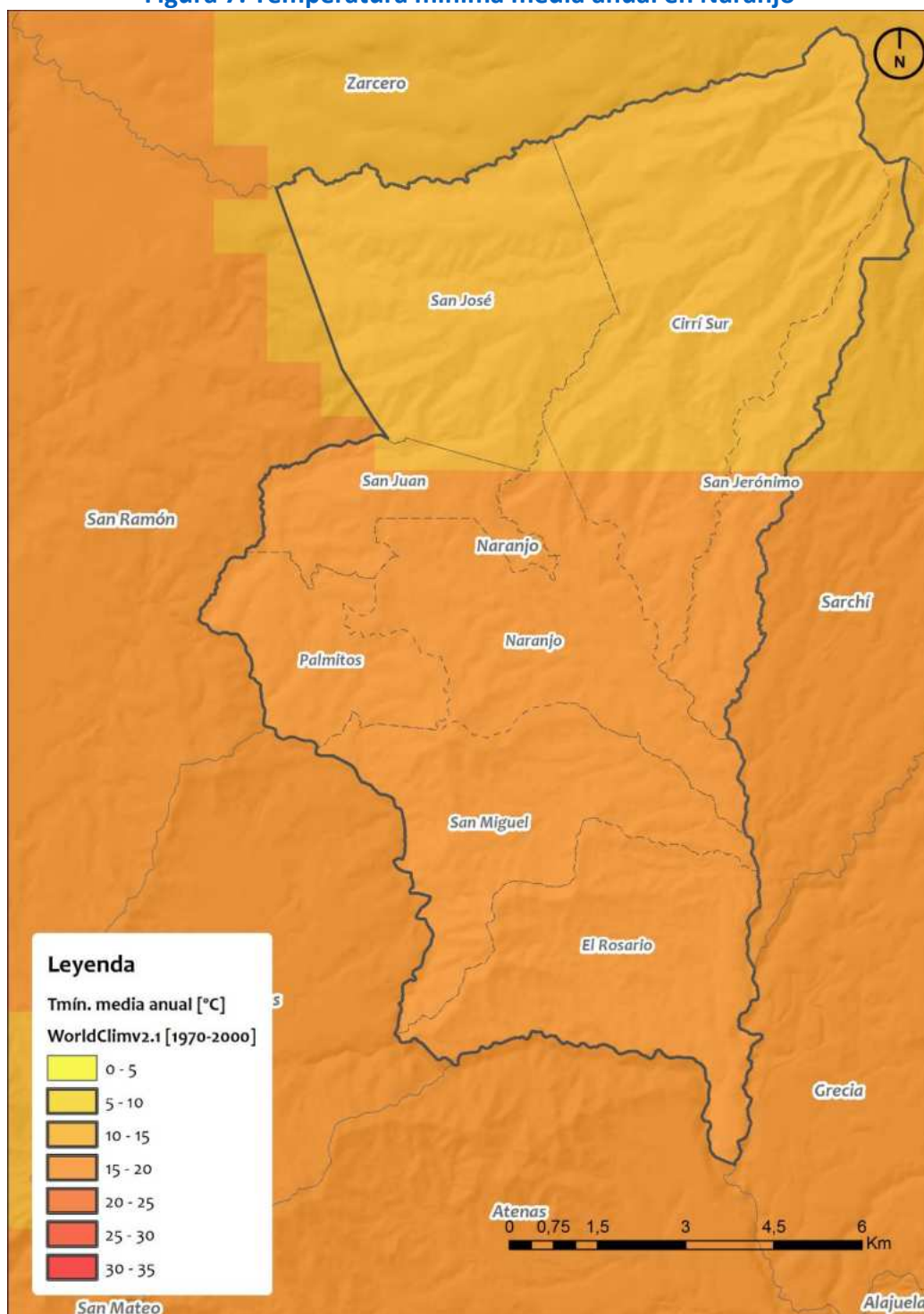
Figura 6. Temperatura máxima media anual en Naranjo



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

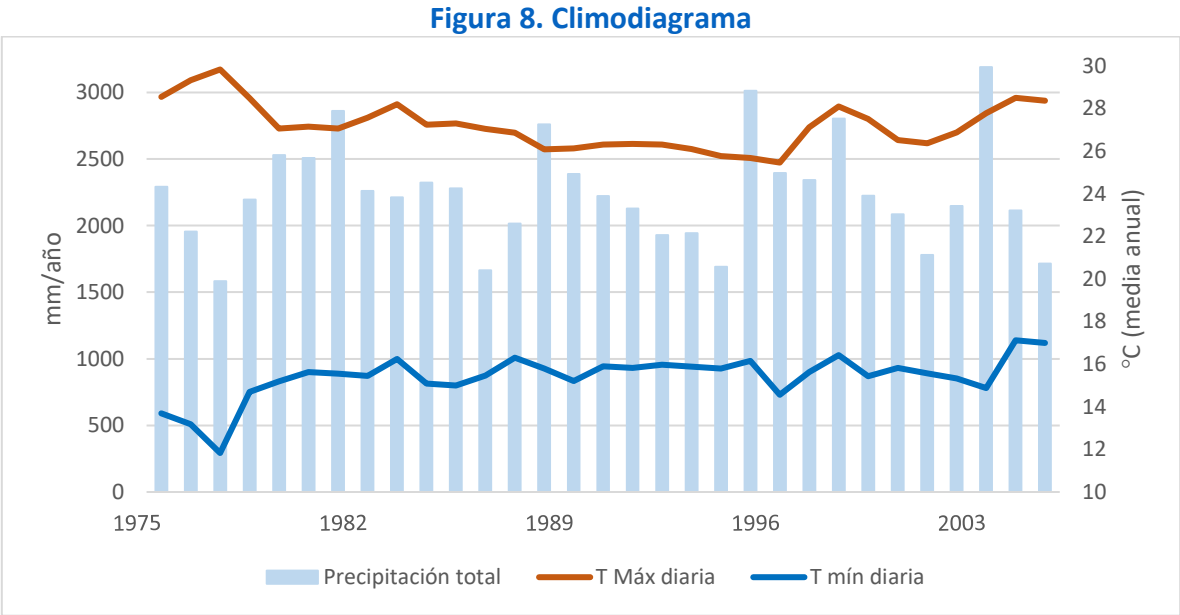
La Tª mín disminuye a los 15°C, con mínimas entorno a los 10°C en los distritos de la mitad norte, San José y Cirrí Sur y máximas en la mitad sur.

Figura 7. Temperatura mínima media anual en Naranjo



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 Beneficio Pilas, que es la más próxima al cantón, se completa el siguiente perfil térmico y pluviométrico (Figura 8. Climodiagrama), que recoge el cómputo anual de las precipitaciones y la media de la temperatura máxima diaria y de la temperatura mínima diaria:



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

4.1.3 Eventos asociados al clima

El cantón de Naranjo ha experimentado a lo largo de la historia distintos eventos naturales que han tenido consecuencias socioeconómicas de distinto alcance. MIDEPLAN cuenta con información sobre estos desde el año 1988 (MIDEPLAN, 2019), y en el caso de este cantón son los siguientes:

Tabla 7. Eventos asociados al clima (1988-2019)

Nº	Evento	Tipo de evento	Año	Duración	Distrito
1	Depresión tropical Nº 12	Lluvias intensas	Nov 1994	7 días	-
2	ENOS	Sequía	1997-1998	366 días	-
3	Huracán Mitch	Lluvias intensas	Oct1998	8 días	-
4	Onda tropical e influencia indirecta de los huracanes Rita y Vilma	Lluvias intensas	Sept 2005	40 días	-
5	Temporal y paso de una onda tropical en el Pacífico Central, Norte, Sur y Cordillera de Guanacaste	Lluvias intensas	Oct 2007	12 días	Naranjo, San Miguel, San José, Cirrí Sur, San Jerónimo, San Juan y Rosario
6	Tormenta tropical Nicole	Lluvias intensas	Ag 2010	22 días	Naranjo, San Miguel, San José y Rosario
7	Huracán Tomas	Lluvias intensas	Nov 2010	6 días	Naranjo, San José, Cirrí Sur y San Juan
8	Tormenta tropical Nate	Lluvias intensas	Oct 2017	5 días	Naranjo, San Miguel, San José, Cirrí Sur, San Juan y Rosario

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

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

4.2 Proyecciones climáticas

A continuación, se presentan los escenarios de cambio climático a través del análisis regionalizado de Modelos de Circulación General (GCM por sus siglas en inglés), que permiten simular la respuesta del sistema climático global a los aumentos en los gases de efecto invernadero (IPCC, 2014).

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

4.2.1 Precipitación

La precipitación media anual muestra una tendencia variable. En la Tabla 8 se aprecia como para el escenario RCP 4.5 se muestra una tendencia dispar. Para el horizonte temporal cercano (2030) hay un aumento de un 1,03% de la precipitación media anual, sin embargo, la tendencia se revierte en el futuro lejano habiendo una disminución de la variable cercana al 1%.

Para el escenario RCP 8.5 la tendencia es diferente. 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 (7,91% frente a 3,27%).

Tabla 8. Proyecciones climáticas de precipitación en Naranjo

Índice	Escenario climático	Periodo temporal	Valor medio	Desviación	Valor mínimo	Valor máximo
Cambio en la precipitación media anual (%)	RCP4.5	2030	1,03 %	0,00 %	1,03 %	1,03 %
		2060	-0,79 %	0,00 %	-0,79 %	-0,79 %
	RCP8.5	2030	7,91 %	0,00 %	7,91 %	7,91 %
		2060	3,27 %	0,00 %	3,27 %	3,27 %

Fuente: IDOM-CPSU (2021)

4.2.2 Temperatura

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

Por un lado, en la Tabla 9 se aprecia como 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 9. Proyecciones climáticas de temperatura máxima en Naranjo

Índice	Escenario climático	Periodo temporal	Valor medio	Desviación	Valor mínimo	Valor máximo
Cambio en la precipitación temperatura máxima (°C)	RCP4.5	2030	0,97 °C	0,00 °C	0,97 °C	0,97 °C
		2060	1,61 °C	0,00 °C	1,61 °C	1,61 °C
	RCP8.5	2030	1,08 °C	0,00 °C	1,08 °C	1,08 °C
		2060	2,33 °C	0,00°C	2,33 °C	2,33 °C

Fuente: IDOM-CPSU (2021)

Por otro lado, la temperatura mínima sigue un patrón muy similar al anterior (ver Tabla 10). Para el escenario de emisiones RCP 4.5 hay un aumento de temperatura mínima de más de un grado y medio. De nuevo, en el escenario de emisiones RCP 8.5 el aumento de la temperatura mínima llega hasta los 2,32°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 10. Proyecciones climáticas de temperatura mínima en Naranjo

Índice	Escenario climático	Periodo temporal	Valor medio	Desviación	Valor mínimo	Valor máximo
Cambio en la precipitación temperatura mínima (°C)	RCP4.5	2030	0,92 °C	0,00 °C	0,92 °C	0,92 °C
		2060	1,57 °C	0,00 °C	1,57 °C	1,57 °C
	RCP8.5	2030	1,12 °C	0,00 °C	1,12 °C	1,12 °C
		2060	2,32 °C	0,00°C	2,32 °C	2,32 °C

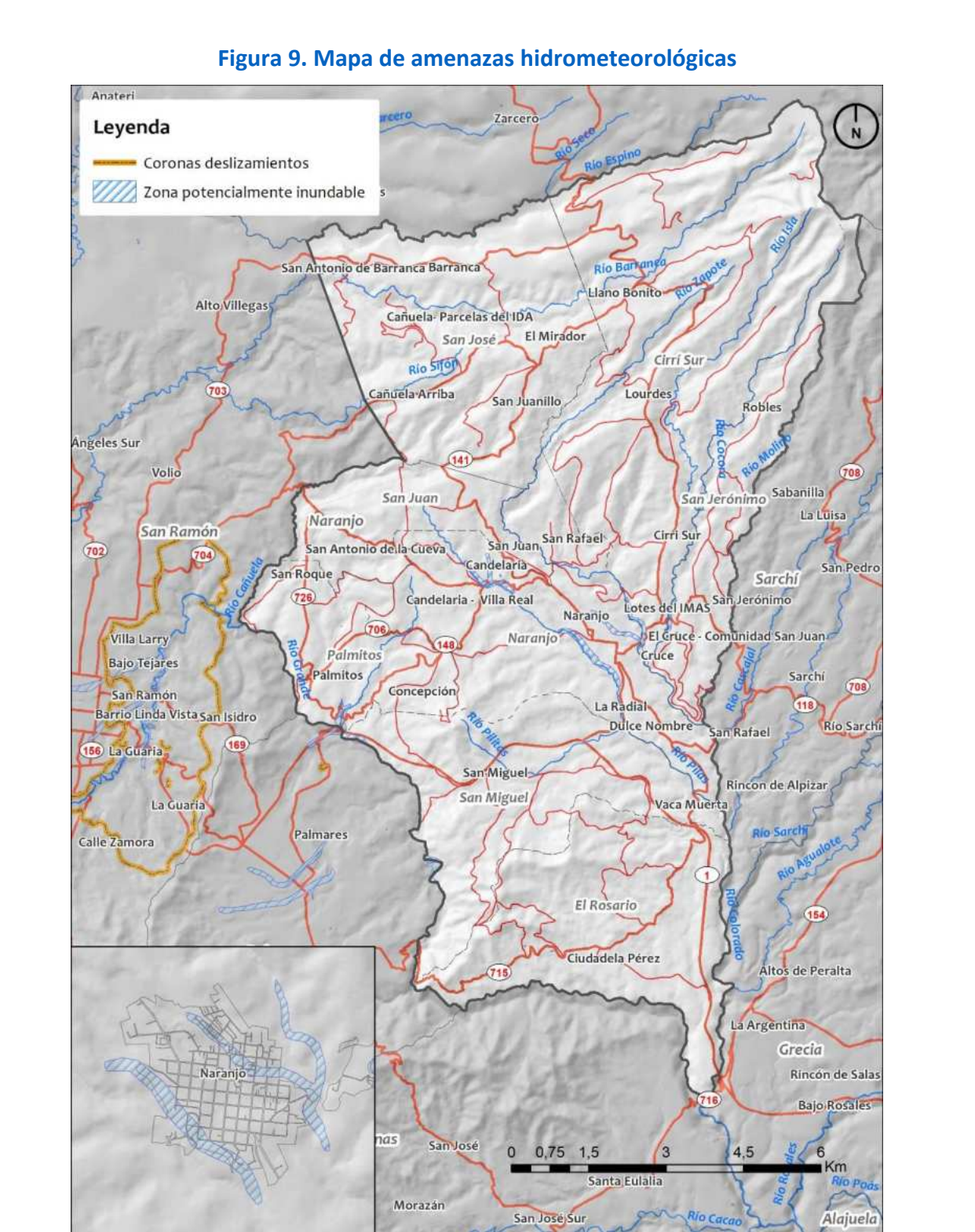
Fuente: IDOM-CPSU (2021)

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



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

4.3.1 Inundaciones

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

Como se ha comentado, el flujo de los ríos y quebradas que conforman la red fluvial son los ríos Colorado, Molina, Pilas, Grande, Espino y Cocora, junto a las quebradas Candelaria y San Lucas. Esta red se ve limitada y presionada por el desarrollo urbano carente de planificación, que ocupa las planicies de inundación, así como por la mala gestión de residuos que da espacio a que se lancen desechos sólidos hacia los cauces. Estas circunstancias amplifican las consecuencias de las inundaciones puesto que los flujos no siguen su cauce natural.

Las zonas o barrios que pueden verse más afectados por las inundaciones de ríos y quebradas del cantón son Caña Dura, Candelaria, Pueblo Nuevo y San Jerónimo. Estas zonas más vulnerables se encuentran principalmente con el centro del cantón, como los distritos de San Jerónimo, Palmitos, San Juan, Naranjo Centro o San Miguel Sur.

4.3.2 Deslizamientos

Pueden deberse a períodos de fuertes lluvias e influyen de forma directa las características topográficas y geológicas del cantón, que hacen que este sea vulnerable a procesos de inestabilidad de suelos. Especialmente en las zonas donde se han hecho cortes de carretera o rellenos poco compactos.

Algunos de los poblados más amenazados son Los Bajos, San Miguel, Villano, Vaca Muerta, San Jerónimo, Quebrada Honda, Bajo Arrieta, San Juanillo o Lourdes. Estos están próximos a ríos y además, sobre pendientes del terreno más pronunciadas.

Cabe destacar que hay sitios del cantón donde existen construcciones sobre suelos no apropiados. Estas tienen algunas problemáticas en común como la inestabilidad de taludes, construcciones defectuosas, sistemas de drenaje de aguas negras y pluviales más diseñados, expansión de los centros urbanos de forma desordenada, por ejemplo. En este sentido, entre los barrios afectados se encuentran El Carmen, IMAS, Siete Casas y Linda Vista.

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.

En los momentos de ausencia de precipitación es más fácilmente que los incendios forestales tengan lugar, y esto es algo que ocurre cada año en el cantón de forma provocada o accidental. En los últimos años se han sucedido algunos, como el del cerro Espíritu Santo que en el año 2004 acabó con alrededor de 7 hectáreas de pinos y cipreses⁴.

4.3.4 Olas de calor

Los períodos de altas temperaturas derivan en situaciones de estrés térmico, en estas condiciones surgen lo que se conoce como olas de calor.

En los puntos donde el suelo se encuentra sellado, como resultado de la artificialización del entorno, como ocurre en las zonas urbanas que en este cantón suponen el 9% del territorio, 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.

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 Climdex⁵, para representar sequías, lluvias intensas, heladas y altas temperaturas. La metodología y la categorización se detallan en el Anexo 1 de este documento.

4.4.1 Lluvias intensas

⁴ Noticia disponible en: <https://www.nacion.com/el-pais/controlaron-incendio-en-el-cerro-espiritu-santo/RYTTWZHP5JHKVDQP6NZ245RB5M/story/>

⁵ <https://www.climdex.org/>

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 11 se aprecia el nivel de la amenaza correspondiente a los porcentajes de cambio previamente presentados. Como se observa, los porcentajes de cambio están todos por debajo del 10% con los dos escenarios climáticos y períodos temporales, a excepción del RCP8.5 para el horizonte temporal más cercano con un 13% aproximadamente, teniendo una ligera disminución en el año 2060. Esto no implica cambios significativos en cuanto al número de días con lluvias extremas que se sucederán en el cantón.

Tabla 11. Porcentajes de cambio de la variable R95p

Índice	Escenario climático	Periodo temporal	Valor medio	Desviación	Valor mínimo	Valor máximo
Cambio en el R95p	RCP4.5	2030	2,48 %	0 %	2,48 %	2,48 %
		2060	3,24 %	0%	3,24 %	3,24 %
	RCP8.5	2030	13,09 %	0%	13,09 %	13,09 %
		2060	9,67 %	0%	9,67 %	9,67 %

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) donde se zonifica las zonas potencialmente inundables en el cantón.

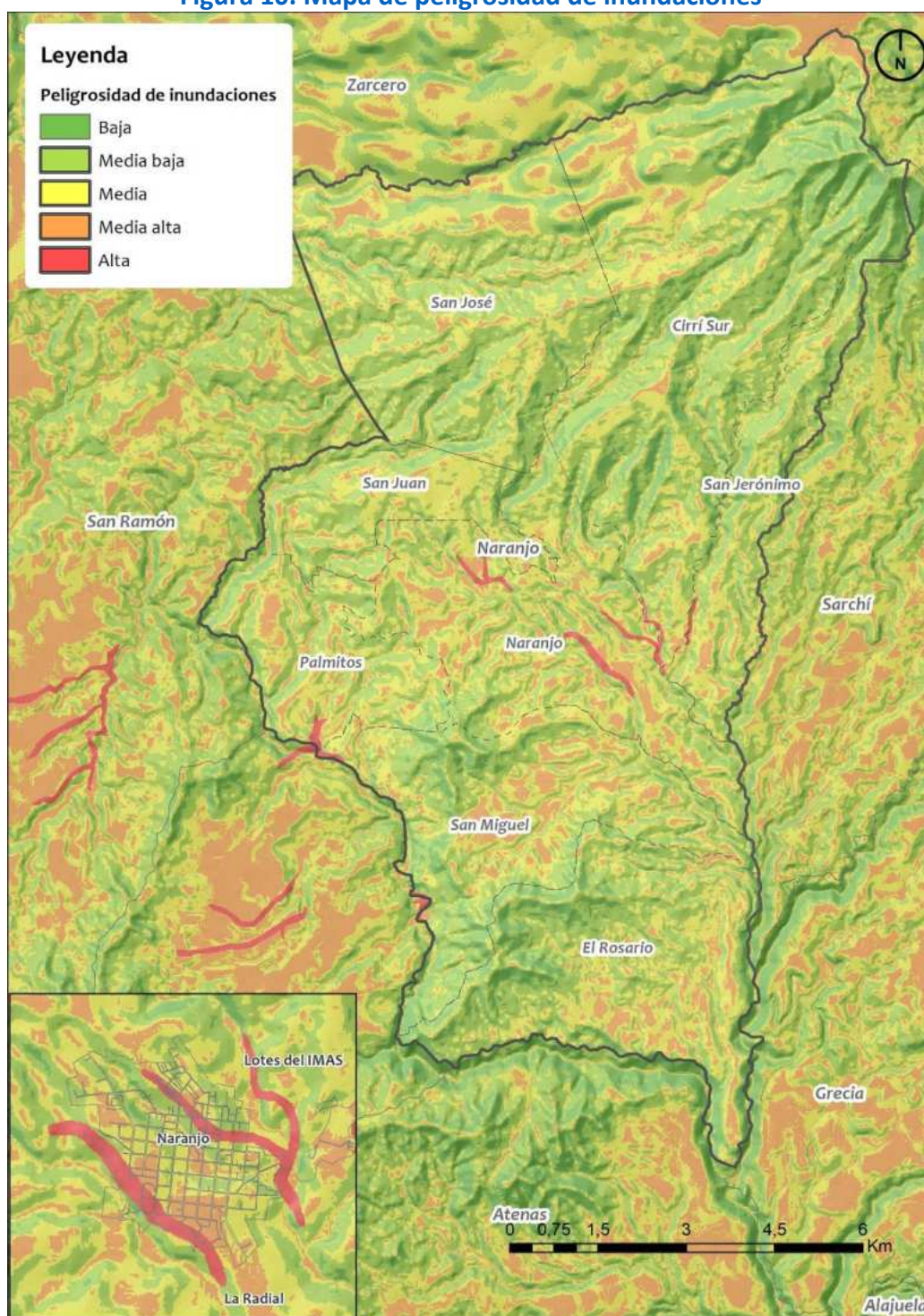
Por otro lado, se ha procedido a la generación de un mapa de peligrosidad, obtenido a partir del mapa de pendientes. Así, las zonas con pendientes más bajas y asociadas a valles y depresiones son las que presentan una mayor susceptibilidad a anegamientos o desbordamiento de los cauces.

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

Peligrosidad actual a inundaciones

Como se ve en el zoom de la Figura 10, la zona urbana de Naranjo tiene zonas con niveles bajos y otras, que corresponde con los ríos Colorado y Pilas o la Quebrada San Lucas, con nivel alto.

Figura 10. Mapa de peligrosidad de inundaciones



Fuente: IDOM-CPSU (2021)

Peligrosidad futura a inundaciones

Para la obtención de los mapas de peligrosidad por inundación en los escenarios de cambio climático, se ha combinado el mapa de peligrosidad actual obtenido, con la categorización del cambio previsto en el índice de precipitaciones intensas R95P de la Tabla 11.

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 Naranjo, de acuerdo con los porcentajes de cambio definidos en la Tabla 11 y los rangos establecidos en la Tabla 36. Clasificación de los niveles de peligrosidad asociados a inundaciones, 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 manejan el factor pluviométrico, bien 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 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) donde se zonifica las zonas potencialmente susceptibles a deslizamientos en el cantón.

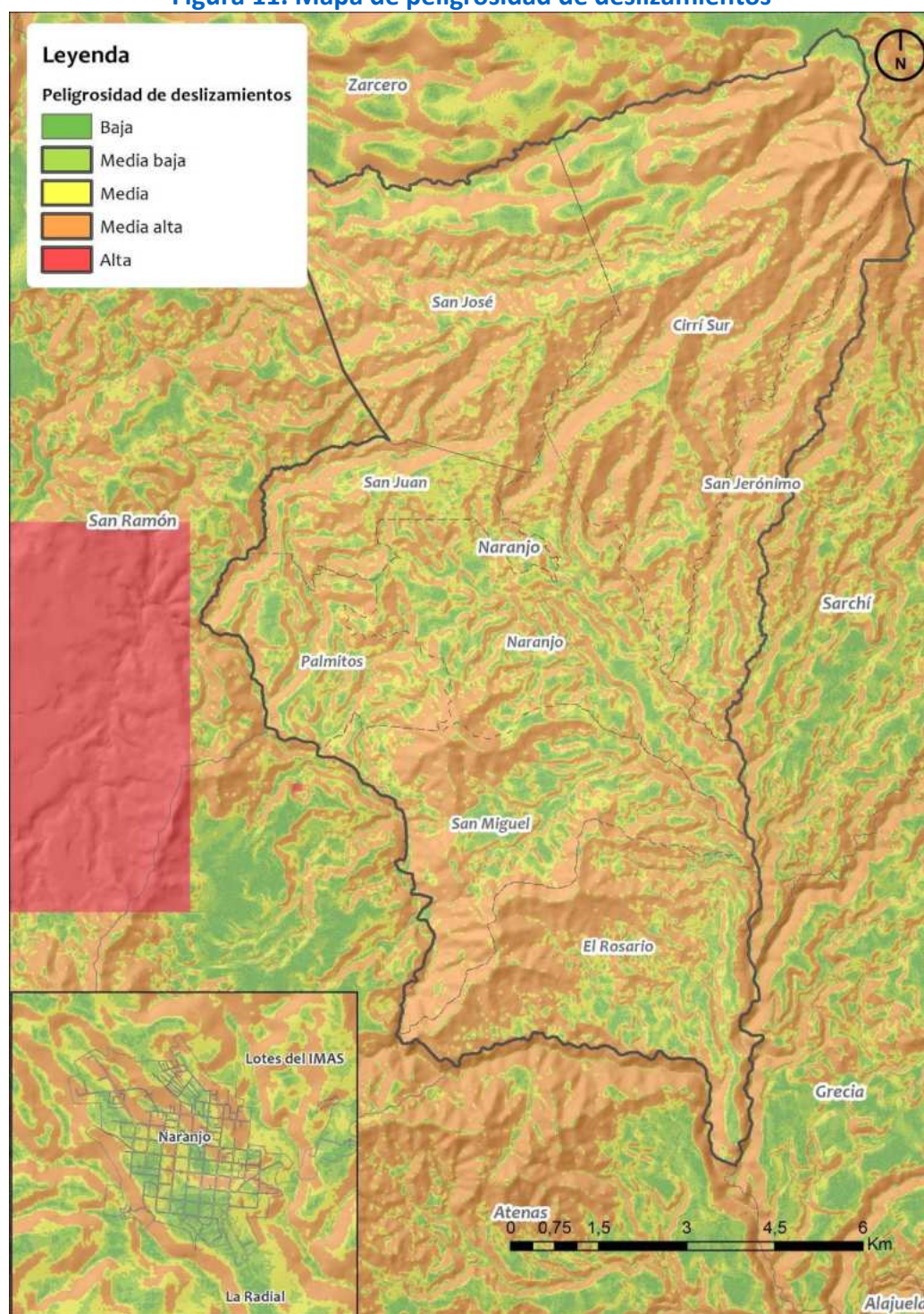
Actualmente no existe un mapa de susceptibilidad a deslizamientos en Costa Rica, por lo que, para el segundo análisis, se ha optado por una simplificación de la susceptibilidad a través de un mapa de pendientes. Así, las zonas con pendientes más altas y asociadas zonas escarpadas son las que presentan 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 media ante eventos de deslizamientos, especialmente en los distritos de Cirrí Sur y El Rosario. Esto se debe a lo abrupto del cantón de Naranjo, situación que favorece, entre otros factores, a la consecución de eventos de esta naturaleza.

Figura 11. Mapa de peligrosidad de deslizamientos



Fuente: IDOM-CPSU

Peligrosidad futura a deslizamientos

Para la obtención de los mapas de peligrosidad por deslizamientos bajo los escenarios de cambio climático, se ha combinado el mapa de peligrosidad actual obtenido, con la categorización del cambio previsto en el índice de precipitaciones intensas R95P de la Tabla 11.

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 deslizamientos en los escenarios RCP 4.5 y RCP 8.5 para los horizontes 2015-2045 y 2045-2075.

En este sentido, en Naranjo, de acuerdo con los porcentajes de cambio definidos en la Tabla 11 y los rangos establecidos en la Tabla 39, 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, B. R. et al, 2011) y uno de los fenómenos climáticos más complejos para su estudio, que tiene lugar por una ausencia prolongada de las precipitaciones. Según Mishra y Singh (2010), los principales tipos de sequías son⁶:

- 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.

⁶ (Mishra & Singh, 2010)

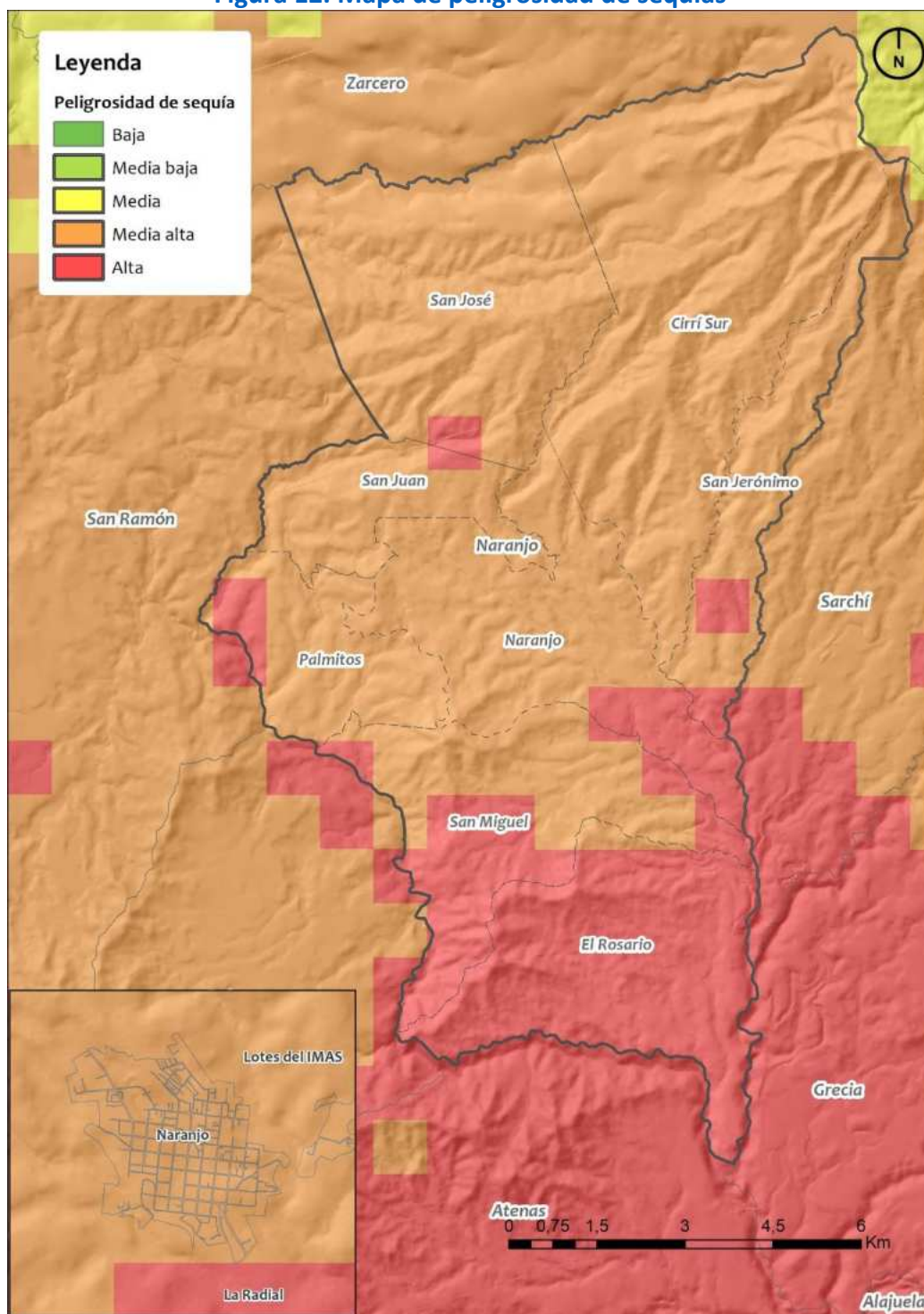
Peligrosidad actual a sequía

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

El nivel de amenaza asociado a estos porcentajes de cambio se observa en la Figura 12 donde la mayor parte del cantón tiene un nivel de peligrosidad medio alto y alto en cuanto a la sucesión de eventos de sequía. Destaca la zona sur donde el nivel es significativamente alto, ocupando casi la totalidad del distrito de El Rosario y parte de San Miguel.

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

Figura 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 12 se presenta el porcentaje de cambio del indicador CDD bajo los dos escenarios RCP y horizontes temporales considerados. En general, el porcentaje de cambio del índice es menor al 5% en todos los escenarios y horizontes temporales (excepto para el RCP8.5 y el periodo temporal más lejano llegando hasta casi el 15%), por lo que existe un ligero aumento en el número de días secos consecutivos con respecto al período de referencia.

Tabla 12. Porcentajes de cambio de la variable CDD

Índice	Escenario climático	Periodo temporal	Valor medio	Desviación	Valor mínimo	Valor máximo
CDD	RCP4.5	2030	2,75 %	0%	2,75 %	2,75 %
		2060	3,18 %	0%	3,18 %	3,18 %
	RCP8.5	2030	3,60 %	0%	3,60 %	3,60 %
		2060	14,58 %	0%	14,58 %	14,58 %

Fuente: IDOM-CPSU (2021)

De acuerdo con los porcentajes de cambio definidos en la Tabla 12 y los rangos establecidos en la Tabla 42, 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 Naranjo, 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 42, 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 calor⁸ (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).

⁸ 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 apartado 10).

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

4.5 Receptores sensibles y cadenas de impacto

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

Tabla 13. Receptores sensibles

Sector	Receptor	Descripción
Población	Población	Perfil de población vulnerable
Hábitat urbano	Hábitat urbano	Condiciones de vida relacionadas con las edificaciones
Sector primario	Agrícola	Producción agrícola
	Pecuario	Producción ganadera
Infraestructuras	Vías	Carreteras y caminos
	Puentes	Relacionados con la red vial
Equipamientos	Educación	Centros educativos
	Recurso hídrico	ASADAS
Áreas protegidas	Humedales o masas de agua superficiales	Láminas de agua protegidas
	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 describe 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 llegar a generar víctimas mortales y heridos; 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 sobre la amenaza de la inundación, donde se muestra la relación entre sectores, receptores y los impactos potenciales sobre estos.

Tabla 14. Cadenas de impactos asociadas a las inundaciones

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

Fuente: IDOM-CPSU (2021).

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 impactos que pueden darse, asociados a los deslizamientos, puede ser la destrucción de viviendas debido al sepultamiento de estas, daños a caminos y otras infraestructuras; flujos de lodo generados por el represamiento de ríos que afecta a la infraestructura localizada cerca del cauce del río o dentro de la llanura de inundación de los mismos; o daños a la producción del tercer primario.

Tabla 15. Cadenas de impactos asociadas a los deslizamientos

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

Fuente: IDOM-CPSU (2021).

Como se ha incluido en el apartado 4.1.3, los distintos desastres 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 refleja esta información de forma desglosada por cada tipo de evento:

Tabla 16. Cuantificación de daños por eventos organizado por receptores 1988-2019

Tipo de evento	Daños (\$)				
	Vivienda	Agropecuario	Vías	Puentes	TOTAL
Deslizamiento	-	-	330.277,28	-	330.277,28
Aumento de caudal	-	-	-	89.043.980,51	89.043.980,51
Inundación	-	-	-	-	-
-	4.952.677,89	3.666.434,76	1.225.864,02	2.906.937,31	12.751.913,98
TOTAL	4.952.677,89	3.666.434,76	1.556.141,30	91.950.917,82	102.126.171,77

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

El coste total de estos eventos se ha cuantificado en más de **cien millones de dólares (USD)**. Destaca entre el resto de receptores, los daños hacia los puentes de Naranjo por el aumento del caudal especialmente, que suponen el 90% del monto total.

4.5.2 Déficit de lluvias

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

La agricultura es la actividad productiva principal del cantón, ya que más del 45% corresponde con el cultivo de café, localizado especialmente en los distritos de Naranjo y San Miguel. Un déficit de agua afectará de forma directa al desempeño socioeconómico del cantón, ya que se trata de un factor limitante para este cultivo que requiere un alto grado de humedad. Las sequías unido a las plagas de antracnosis en las plantas de café y los árboles de poró en los cafetales, pueden ser muy perjudiciales para este sector clave. Sucede lo mismo con el resto de distritos con alta vocación agrícola, como El Rosario, San Juan y Palmitos.

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.

Si esta situación se da durante un tiempo prolongado se pueden llegar a ser desencadenantes de incendios forestales.

Tabla 17. Cadenas de impactos asociadas a las sequías

Sector	Receptor	Potenciales impactos
Sector primario	Agrícola	Posible pérdida de áreas de cultivo
		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
Áreas protegidas	Humedales o masas de agua superficiales Áreas naturales	Sobreexplotación de agua subterránea
		Posibles cambios en la distribución de hábitats y especies por alteración de las condiciones ecológicas
		Reducción del volumen de zonas húmedas
		Afección por aumento de incendios o baja disponibilidad de agua
		Generación de suelos desnudos y estériles
		Posible disminución de los servicios ecosistémicos

Fuente: IDOM-CPSU (2021).

Respecto a lo eventos o desastres asociados al clima ocurridos en Naranjo en relación con las altas temperaturas como factor desencadenante, MIDEPLAN incluye el episodio de El Niño que tuvo lugar la temporada 1997-1998. Este fue uno de los más devastadores en toda América Latina. En el caso de Costa Rica, que ya venía de una situación donde las precipitaciones habían descendido en el período de lluvias, este fenómeno propició la continuación e intensificación de la sequía, que lógicamente tuvo repercusiones en todos los elementos de la sociedad (Organización Panamericana de la Salud, 2000).

En la siguiente tabla se cuantifican los daños económicos asociados a estos eventos de sequía, que ascienden a **156.726 dólares (USD)** como consecuencia de los daños en cultivos y explotaciones ganaderas (sector agropecuario).

Tabla 18. Cuantificación de daños por eventos organizado por receptores 1988-2019

Tipo de evento	Daños (\$)	
	Agropecuario	TOTAL
El Niño	156.726,61	156.726,61
TOTAL	156.726,61	156.726,61

Fuente: IDOM-CPSU a partir de base de datos de MIDEPLAN (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 estas corresponde con la salud de la población. Estas pueden provocar estrés cardiovascular (O'Neill & Ebi, 2009) o afecciones al sistema nervioso y problemas respiratorios (Deschenes, 2014) por ejemplo. Esto tiene una traducción en forma de incremento de la tasa de morbilidad y mortalidad de la población.

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

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

Tabla 19. Cadenas de impactos asociadas a las olas de calor

Sector	Receptor	Potenciales impactos
Población	Población	Posible aumento de la mortalidad
		Posible aumento de migraciones internas o externas
		Posibles afecciones sobre la salud: golpes de calor, deshidratación, cáncer de piel, etc.
		Posible incremento de enfermedades transmitidas por vectores sanitarios y diarreas
Hábitat urbano	Hábitat urbano	Posible impacto económico-ecológico por aumento de las necesidades de refrigeración en las viviendas

Fuente: IDOM-CPSU (2021).

Respecto a lo eventos o desastres asociados al clima ocurridos en Naranjo 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 20. 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

4.6 Exposición y vulnerabilidad

Para poder analizar y cuantificar la vulnerabilidad del cantón, 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 el territorio de Naranjo.

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 21. Indicadores de análisis de las amenazas

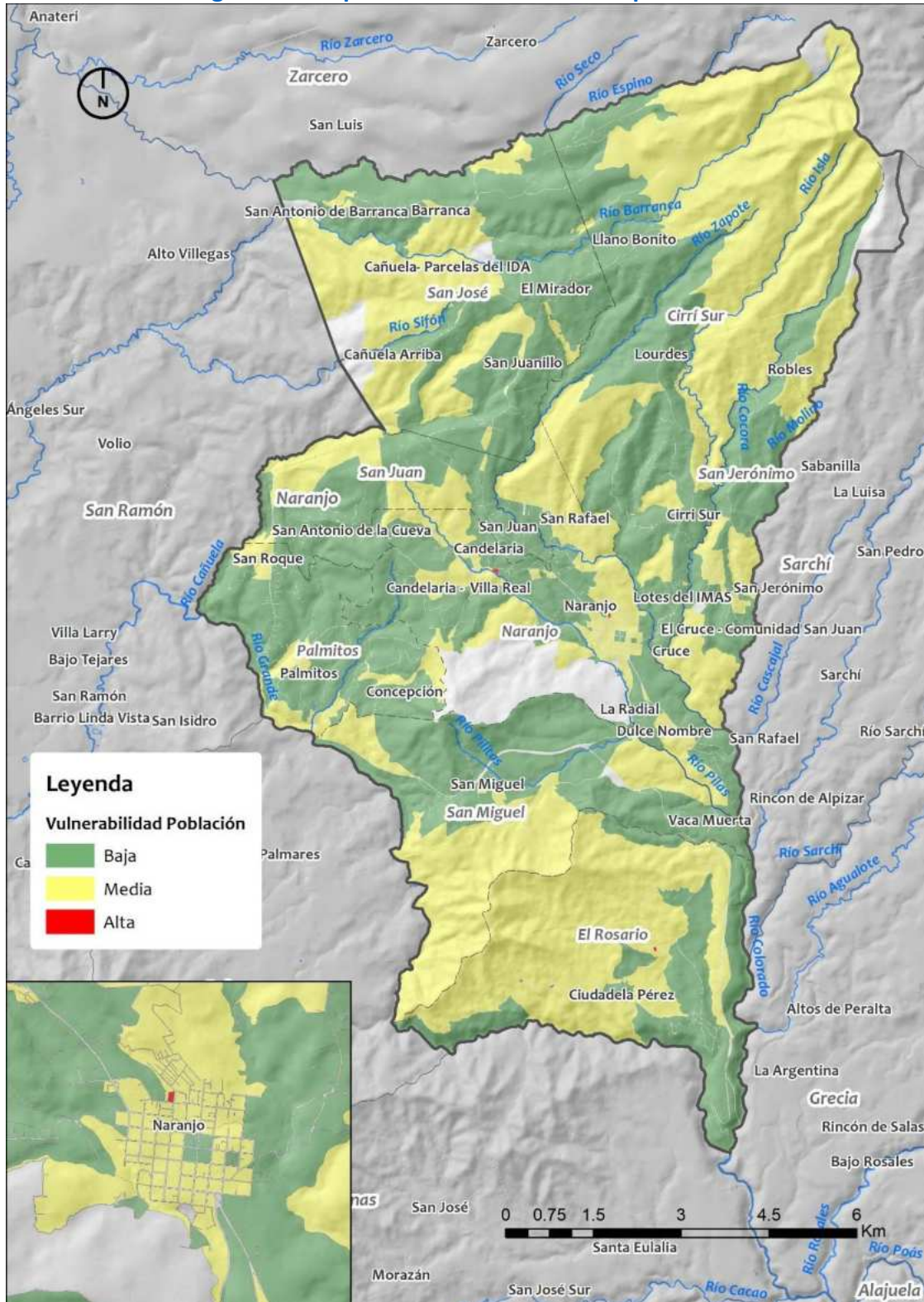
Sector	Receptor	Amenaza	Indicador exposición	Fuente	Indicador vulnerabilidad	Fuente	Rangos	
Población	Población	Deslizamientos Inundaciones Olas de calor	Edificaciones	IGN	Densidad de población	INEC (UGM)	Baja	0-30 hab/ha
					Media		30-100 hab/ha	
					Alta		>100 hab/ha	
					Edad (<18 y >60)		Baja	0-25%
					Media		25-50%	
					Alta		>50%	
					Población con NBI		Baja	0-30%
					Media		30-60%	
					Alta		>60%	
Hábitat urbano	Hábitat urbano	Deslizamientos Inundaciones Olas de calor	Edificaciones	IGN	Densidad de viviendas	INEC (UGM)	Baja	0-10 viv/ha
					Media		10-50 viv/ha	
					Alta		>50 viv/ha	
					Hacinamiento en dormitorios		Baja	0-10%
					Media		10-20%	
					Alta		>20%	
					Viviendas en estado malo		Baja	0-10%
					Media		10-20%	
					Alta		>20%	
Sector primario	Agropecuario	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
				Media	Concordancia restringida			
				Alta	Divergencia uso/capacidad			

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

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

Fuente: IDOM-CPSU (2021).

Figura 13. Mapa de vulnerabilidad de la población



Fuente: IDOM-CPSU (2021).

Legenda

Vulnerabilidad Hábitat Urbano

- Baja
- Media
- Alta

The map displays the municipality of Naranjo, Guatemala, with various towns and rivers labeled. The legend indicates three levels of urban habitat vulnerability: Baja (green), Media (yellow), and Alta (red). The map includes a north arrow and a scale bar from 0 to 6 km. An inset map shows the location of Naranjo within Guatemala.

66

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

En general, en toda la extensión del cantón de Naranjo la vulnerabilidad de la población se encuentra repartida entre media y baja. En las zonas urbanas del cantón esto se debe a que, aunque su densidad poblacional es alta (por encima de los 300 hab/ha), tiene un porcentaje relativamente bajo de población con necesidades básicas insatisfechas, por eso existen pocas zonas con una vulnerabilidad alta.

Por otro lado, si atendemos al mapa de vulnerabilidad del hábitat urbano, la mayor parte del territorio presenta un nivel bajo de vulnerabilidad. Se aprecia cómo la zona rural tiene en general una vulnerabilidad baja asociada a una densidad de viviendas muy bajas y un porcentaje medio de viviendas en mal estado. Del mismo modo, la zona urbana en Naranjo tiene una mayor densidad de viviendas y unas condiciones de habitabilidad buenas, por lo que su vulnerabilidad es en general baja o media. Hay algunas zonas cercanas a los distritos de El Rosario o San Jerónimo, donde la vulnerabilidad es media asociada a un porcentaje mayor de viviendas en mal estado y de hacinamiento.

4.7 Caracterización de riesgos climáticos

Este capítulo recoge el trabajo acumulado para componer el análisis espacial de riesgos climáticos, atendiendo a la metodología presentada en el apartado 10. Allí se mencionó que el riesgo climático es el resultado de la coincidencia en el espacio/tiempo de tres componentes:

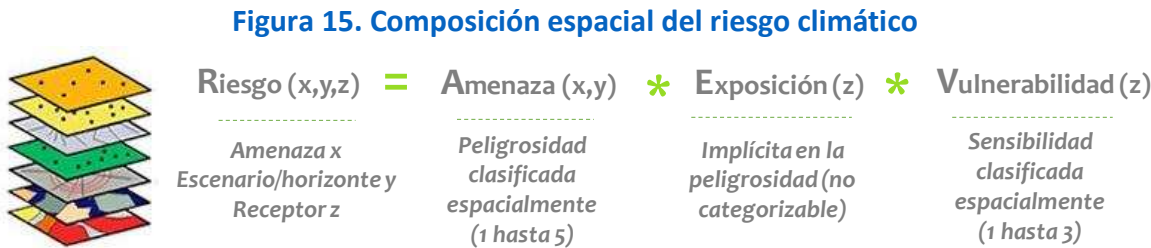
- **Amenaza** definida por su peligrosidad bajo distintos escenarios y horizontes temporales.
- **Exposición** de un receptor concreto en relación con la peligrosidad analizada.
- **Vulnerabilidad** determinada por la sensibilidad y capacidad adaptativa del receptor considerado en relación con la amenaza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



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 22. 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 (Tabla 22) y representados en mapas de 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) y RCP 8.5 (2051-2075)**

Como se puede ver, las edificaciones que se encuentran en niveles entre medio alto y alto corresponden con más del 17% del total. Ya que la mayoría de estas se ubican en categorías de riesgo medias y bajas.

A escala distrital, Naranjo representa aproximadamente el 6% del cómputo cantonal en esos niveles de riesgo, por delante de San Miguel con algo más de un 2%, Palmitos con un 2%, y el resto de distritos con valores inferiores a estos.

La población cantonal que se encuentra en riesgo medio alto y alto de inundaciones es aproximadamente 30.812. De esta última cifra, casi el 44% son mujeres y menos de 1% población indígena. Esto se traduce en que casi la mitad de la población que vive en zonas donde el riesgo es medio alto y alto pertenece a grupos vulnerables. La implicación de esta situación, como se ha comentado en el apartado 4.5.4, es que los impactos sobre estos grupos de población toman mayor alcance dadas sus circunstancias desfavorables iniciales que solo se agravan debido a las consecuencias del cambio climático.

El resto de receptores siguen un patrón parecido, con la mayor parte de sus elementos localizados en categorías de riesgo medio-bajo y medio principalmente. En cuanto a los valores de riesgo más alto, entre los sectores se encuentra que el 23% de las vías, el 28% de los puentes, casi el 22% de las ASADAS, más del 25% de los centros educativos y casi el 20% de las explotaciones agropecuarias; se localizan en estas zonas.

- **Escenario RCP 8.5 (horizonte 2015-2045)**

En este horizonte, los porcentajes de viviendas y población en los niveles más altos de riesgos son muy similares a los otros escenarios analizados, ya que corresponde con más del 17%. En cuanto a los valores medios sí que hay una diferencia, puesto que pasa del 39% a casi el 73%.

A escala distrital, sigue el mismo esquema que los otros escenarios, donde el distrito que más población tienen entre los valores más altos es Naranjo. El perfil demográfico, en relación con el porcentaje de mujeres y la población considerada indígena, varía ligeramente en el primer caso. Y es que el porcentaje de mujeres alcanza el 45% en este escenario RCP8.5 (futuro cercano), mientras que en los otros escenarios rondaba el 44%.

El resto de receptores siguen un patrón parecido, con la mayor parte de sus elementos localizados en categorías de riesgo medio-bajo y medio principalmente. Aunque sí hay pequeñas variaciones en el sector agropecuario (pasa del 19% al 28%), las vías (pasa de 23% al 42%) y los puentes (pasa del 28% al 31%).

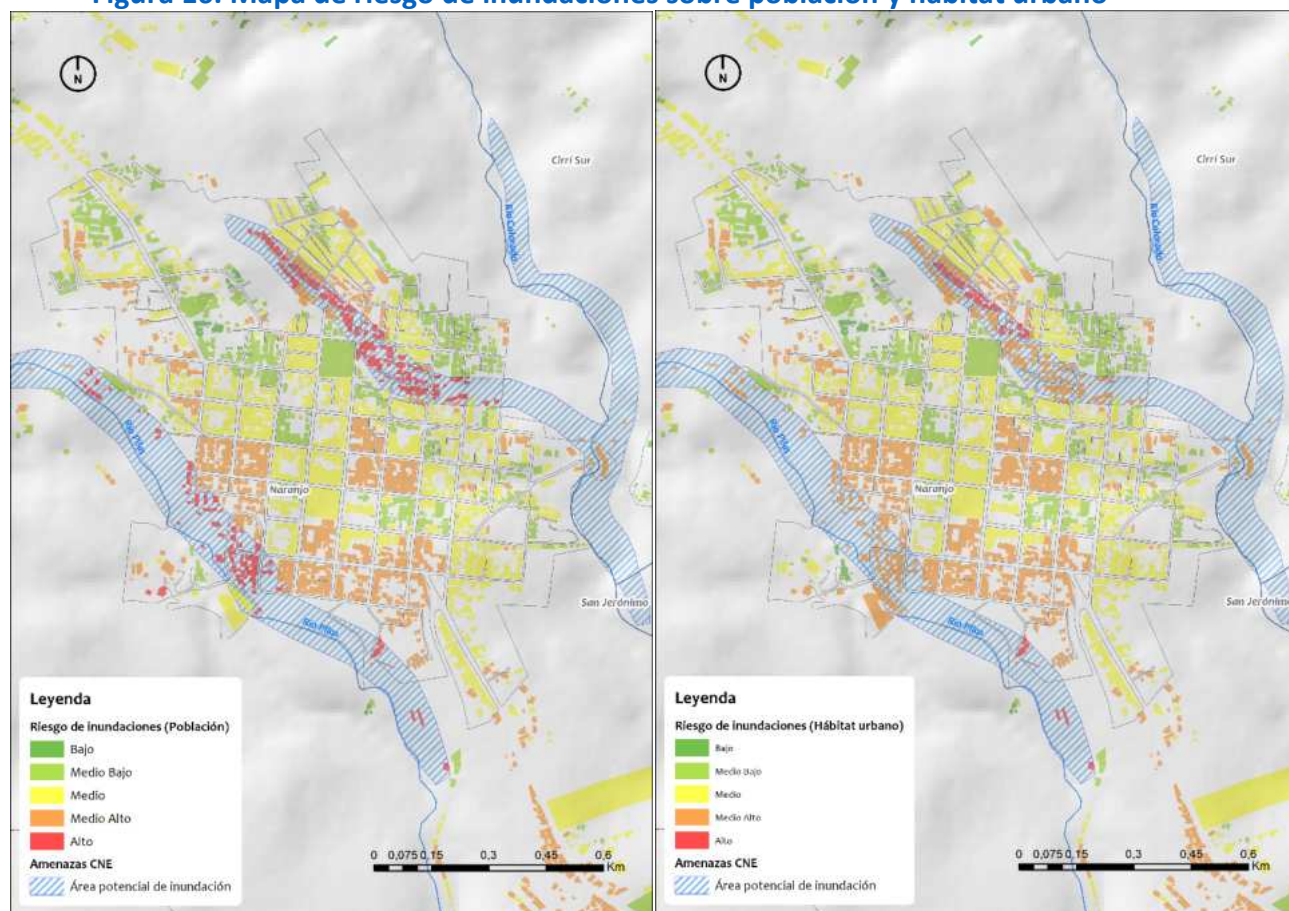
Tabla 22. Riesgo por inundaciones sobre los receptores considerados bajo los escenarios (RCP 4.5 y RCP 8.5) y horizontes temporales (2015-2045 y 2045-2075) analizados

Escenario/Horizonte temporal	Categoría de riesgo	Población		Hábitat urbano		Agropecuario		Vías		Puentes		Educación		Recurso hídrico	
		nº edificios	%	nº edificios	%	nº	%	km	%	nº	%	nº	%	nº	%
Período de referencia [1990]: 1975-2005	bajo	666,00	4,45	672,00	4,49	72,00	4,85	8,91	4,21	4,00	3,31	1,00	2,86	1,00	4,35
	medio-bajo	5.823,00	38,91	5.857,00	39,14	573,00	38,59	66,82	31,60	40,00	33,06	10,00	28,57	9,00	39,13
	medio	5.885,00	39,32	5.892,00	39,37	549,00	36,97	87,54	41,40	43,00	35,54	15,00	42,86	8,00	34,78
	medio-alto	2.353,00	15,72	2.489,00	16,63	253,00	17,04	40,55	19,18	32,00	26,45	8,00	22,86	5,00	21,74
	alto	239,00	1,60	56,00	0,37	38,00	2,56	7,65	3,62	2,00	1,65	1,00	2,86	0,00	0,00
Escenario RCP 4.5 Horizonte 2015-2045	bajo	666,00	4,45	672,00	4,49	72,00	4,85	8,91	4,21	4,00	3,31	1,00	2,86	1,00	4,35
	medio-bajo	5.823,00	38,91	5.857,00	39,14	573,00	38,59	66,82	31,60	40,00	33,06	10,00	28,57	9,00	39,13
	medio	5.885,00	39,32	5.892,00	39,37	549,00	36,97	87,54	41,40	43,00	35,54	15,00	42,86	8,00	34,78
	medio-alto	2.353,00	15,72	2.489,00	16,63	253,00	17,04	40,55	19,18	32,00	26,45	8,00	22,86	5,00	21,74
	alto	239,00	1,60	56,00	0,37	38,00	2,56	7,65	3,62	2,00	1,65	1,00	2,86	0,00	0,00
Escenario RCP 4.5 Horizonte 2045-2075	bajo	666,00	4,45	672,00	4,49	72,00	4,85	8,91	4,21	4,00	3,31	1,00	2,86	1,00	4,35
	medio-bajo	5.823,00	38,91	5.857,00	39,14	573,00	38,59	66,82	31,60	40,00	33,06	10,00	28,57	9,00	39,13
	medio	5.885,00	39,32	5.892,00	39,37	549,00	36,97	87,54	41,40	43,00	35,54	15,00	42,86	8,00	34,78
	medio-alto	2.353,00	15,72	2.489,00	16,63	253,00	17,04	40,55	19,18	32,00	26,45	8,00	22,86	5,00	21,74
	alto	239,00	1,60	56,00	0,37	38,00	2,56	7,65	3,62	2,00	1,65	1,00	2,86	0,00	0,00
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
	medio-bajo	1.427,00	9,53	1.447,00	9,67	72,00	9,65	8,91	4,21	4,00	3,31	1,00	2,86	1,00	4,35
	medio	10.918,00	72,95	10.971,00	73,31	1.002,00	134,27	114,51	54,15	80,00	66,12	25,00	71,43	17,00	73,91
	medio-alto	2.382,00	15,92	2.492,00	16,65	373,00	49,98	80,40	38,02	35,00	28,93	8,00	22,86	5,00	21,74
	alto	239,00	1,60	56,00	0,37	38,00	5,09	7,65	3,62	2,00	1,65	1,00	2,86	0,00	0,00
Escenario RCP 8.5 Horizonte 2051-2075	bajo	666,00	4,45	672,00	4,49	72,00	4,85	8,91	4,21	4,00	3,31	1,00	2,86	1,00	4,35
	medio-bajo	5.823,00	38,91	5.857,00	39,14	573,00	38,59	66,82	31,60	40,00	33,06	10,00	28,57	9,00	39,13
	medio	5.885,00	39,32	5.892,00	39,37	549,00	36,97	87,54	41,40	43,00	35,54	15,00	42,86	8,00	34,78
	medio-alto	2.353,00	15,72	2.489,00	16,63	253,00	17,04	40,55	19,18	32,00	26,45	8,00	22,86	5,00	21,74
	alto	239,00	1,60	56,00	0,37	38,00	2,56	7,65	3,62	2,00	1,65	1,00	2,86	0,00	0,00

Fuente: IDOM-CPSU (2021).

En las siguientes figuras se representa la variabilidad del nivel de riesgo de algunos de los receptores sensibles considerados para los escenarios del período actual, RCP4.5 (en sus horizontes temporales) y RCP8.5 (futuro lejano). Como se puede ver, en la zona urbana de Naranjo hay una mezcla entre niveles de riesgo. En general las zonas en rojo (riesgo alto) coinciden con las áreas potenciales de inundación del CNE.

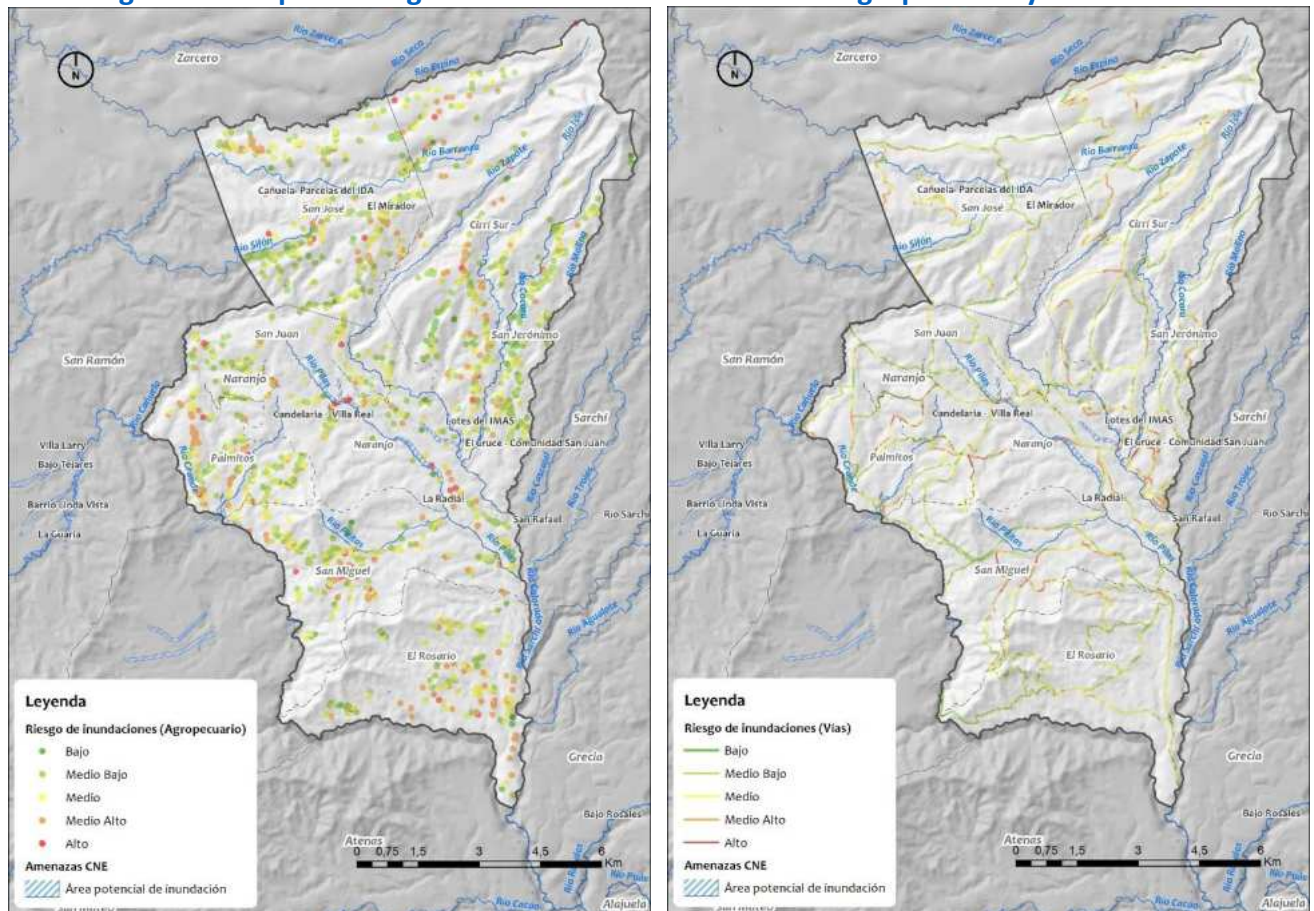
Figura 16. Mapa de riesgo de inundaciones sobre población y hábitat urbano



Fuente: IDOM-CPSU (2021).

En las siguientes figuras se representa el riesgo de inundación sobre los sectores agropecuario y las vías. En el caso de las explotaciones agrícolas y ganaderas, la mayoría de ellas se encuentran entre valores bajos y medios. Sucede algo similar con las vías existentes en el cantón.

Figura 17. Mapa de riesgo de inundaciones sobre sector agropecuario y vías



Fuente: IDOM-CPSU (2021).

4.7.2 Deslizamientos

En la siguiente tabla (Tabla 23.) se aglutinan los resultados del riesgo por deslizamientos sobre los diferentes receptores considerados bajo los escenarios de cambio climático y los horizontes temporales.

En cuanto a los deslizamientos, se trata de un riesgo más acusado que en el caso de las inundaciones, puesto que la mayor parte de los receptores analizados se encuentran en niveles medio-alto.

- **Escenario actual y escenarios RCP 4.5 (horizontes 2015-2045/2045-2075) y RCP 8.5 (2051-2075)**

En términos generales, en esta tabla se puede ver que la mayoría de receptores se encuentran en un nivel de riesgo medio y medio alto, como en el caso de las vías, de las que más del 62% se sitúa en estas categorías.

Respecto a la población y el hábitat urbano, alrededor del 46% se localiza en zonas de riesgo medio alto y alto. Más del 41% son mujeres y menos del 1% corresponde con población

considerada indígena. En cuanto a los grupos de edad más vulnerables, los menores de 18 años y mayores de 60 suponen alrededor del 42% de la población en riesgo medio alto y alto.

En cualquier caso, de nuevo en el distrito de Naranjo es donde mayor porcentaje de personas se encuentran en niveles medio alto y alto de riesgo a deslizamientos, aproximándose al 9%.

El resto de receptores se encuentran principalmente en zonas con riesgo medio y medio alto, como se ha indicado al principio. Por ejemplo, en el caso de las vías, más del 59% de ellas están en esta zonas; así como el 72% de los puentes, el 68% de los centros educativos y casi el 70% de las ASADAS.

Cabe destacar que en cuanto al recurso hídrico y educación, no se encuentra ninguno de sus elementos en riesgo alto.

▪ **Escenario RCP 8.5 (horizonte 2015-2045)**

En este escenario, y como muestra la tabla, que la mayoría de receptores se encuentran en un nivel de riesgo medio y medio alto, como sucedía en los otros escenarios analizados.

Los valores en niveles de riesgo medio alto y alto se mantienen muy parecidos a los calculados para el resto de escenarios. Por el contrario, los valores medios sí han aumentado. Este es el caso la población y el hábitat urbano, que en los otros escenarios tienen un porcentaje alrededor del 27% y en este escenario asciende al 43%. Ocurre del mismo modo con el resto de receptores, como es el caso de los puentes (pasa de 28% a 44%), los centros educativos (pasa de 37% a 60%), las vías (pasa de 21% a 29%) y las ASADAS (pasa de 26% a 52%).

El perfil demográfico en relación con los grupos que presentan mayor vulnerabilidad, a saber, mujeres, población considerada indígena y grupo de edad inferior a 18 años y superior a 60; sigue el mismo patrón que los otros escenarios.

En cualquier caso, de nuevo en el distrito de Naranjo es donde mayor porcentaje de personas se encuentran en niveles medio alto y alto de riesgo a deslizamientos, aproximándose al 9%.

En relación con las zonas de riesgo alto, no se encuentran centros educativos ni ASADAS en estas.

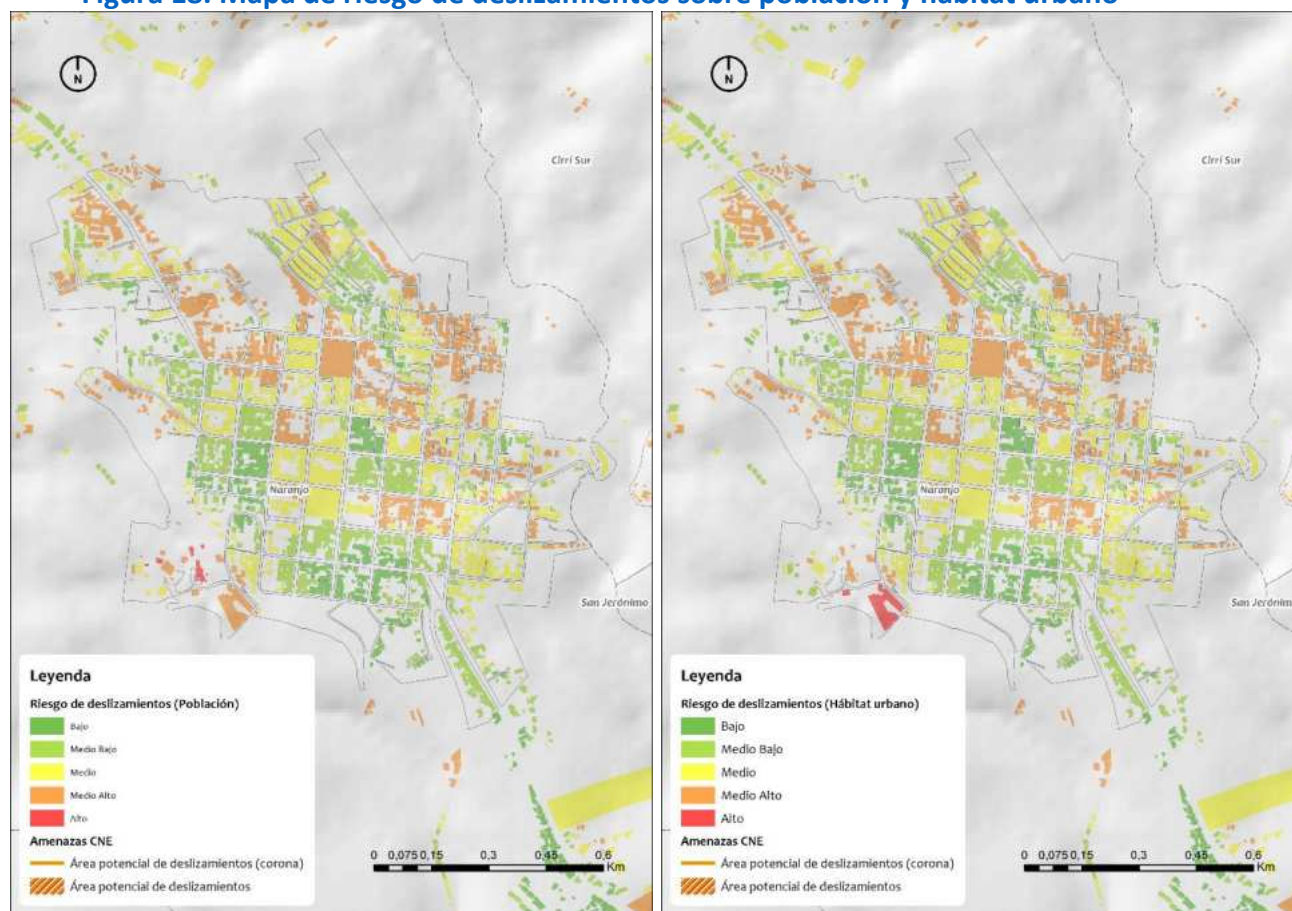
Tabla 23. Riesgo por deslizamientos sobre los diferentes receptores considerados bajo los escenarios (RCP 4.5 y RCP 8.5) y horizontes temporales (2015-2045 y 2045-2075) analizados

Escenario/Horizonte temporal	Categoría de riesgo	Población		Hábitat urbano		Vías		Puentes		Educación		Recurso hídrico	
		nº edificios	%	nº edificios	%	km	%	nº	%	nº	%	nº	%
Período de referencia [1990]: 1975-2005	bajo	931,00	6,22	937,00	6,26	8,87	4,19	10,00	8,26	3,00	8,57	1,00	4,35
	medio-bajo	3.032,00	20,26	3.071,00	20,52	27,44	12,98	20,00	16,53	8,00	22,86	6,00	26,09
	medio	4.102,00	27,41	4.094,00	27,36	44,01	20,81	34,00	28,10	13,00	37,14	6,00	26,09
	medio-alto	6.844,00	45,73	6.855,00	45,80	81,06	38,33	53,00	43,80	11,00	31,43	10,00	43,48
	alto	57,00	0,38	9,00	0,06	50,09	23,69	4,00	3,31	0,00	0,00	0,00	0,00
Escenario RCP 4.5 Horizonte 2015-2045	bajo	931,00	6,22	937,00	6,26	8,87	4,19	10,00	8,26	3,00	8,57	1,00	4,35
	medio-bajo	3.032,00	20,26	3.071,00	20,52	27,44	12,98	20,00	16,53	8,00	22,86	6,00	26,09
	medio	4.102,00	27,41	4.094,00	27,36	44,01	20,81	34,00	28,10	13,00	37,14	6,00	26,09
	medio-alto	6.844,00	45,73	6.855,00	45,80	81,06	38,33	53,00	43,80	11,00	31,43	10,00	43,48
	alto	57,00	0,38	9,00	0,06	50,09	23,69	4,00	3,31	0,00	0,00	0,00	0,00
Escenario RCP 4.5 Horizonte 2045-2075	bajo	931,00	6,22	937,00	6,26	8,87	4,19	10,00	8,26	3,00	8,57	1,00	4,35
	medio-bajo	3.032,00	20,26	3.071,00	20,52	27,44	12,98	20,00	16,53	8,00	22,86	6,00	26,09
	medio	4.102,00	27,41	4.094,00	27,36	44,01	20,81	34,00	28,10	13,00	37,14	6,00	26,09
	medio-alto	6.844,00	45,73	6.855,00	45,80	81,06	38,33	53,00	43,80	11,00	31,43	10,00	43,48
	alto	57,00	0,38	9,00	0,06	50,09	23,69	4,00	3,31	0,00	0,00	0,00	0,00
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
	medio-bajo	1.609,00	10,75	1.626,00	10,86	8,87	4,19	10,00	8,26	3,00	8,57	1,00	4,35
	medio	6.422,00	42,91	6.476,00	43,27	60,91	28,80	53,00	43,80	21,00	60,00	12,00	52,17
	medio-alto	6.878,00	45,96	6.855,00	45,80	91,60	43,32	54,00	44,63	11,00	31,43	10,00	43,48
	alto	57,00	0,38	9,00	0,06	50,09	23,69	4,00	3,31	0,00	0,00	0,00	0,00
Escenario RCP 8.5 Horizonte 2051-2075	bajo	931,00	6,22	937,00	6,26	8,87	4,19	10,00	8,26	3,00	8,57	1,00	4,35
	medio-bajo	3.032,00	20,26	3.071,00	20,52	27,44	12,98	20,00	16,53	8,00	22,86	6,00	26,09
	medio	4.102,00	27,41	4.094,00	27,36	44,01	20,81	34,00	28,10	13,00	37,14	6,00	26,09
	medio-alto	6.844,00	45,73	6.855,00	45,80	81,06	38,33	53,00	43,80	11,00	31,43	10,00	43,48
	alto	57,00	0,38	9,00	0,06	50,09	23,69	4,00	3,31	0,00	0,00	0,00	0,00

Fuente: IDOM-CPSU (2021).

En las siguientes figuras se representa la variabilidad del nivel de riesgo de algunos de los receptores sensibles considerados para los escenarios del período actual, RCP4.5 (en sus horizontes temporales) y RCP8.5 (futuro lejano). Como se puede ver, en la zona urbana de Naranjo hay una mezcla entre niveles de riesgo, al igual que se ha mostrado en las inundaciones.

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



Fuente: IDOM-CPSU (2021) (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.

En cuanto a los episodios de sequía, las masas de agua superficial destacan por encontrarse su totalidad en riesgo alto. El resto de receptores, agropecuario y áreas naturales, se encuentran en niveles medio alto y alto. Cabe destacar el sector agropecuario, donde las explotaciones que se encuentran en nivel alto de riesgo, se caracterizan por dedicarse al café principalmente, con más de 400 explotaciones, muy alejado de las siguientes explotaciones en cuanto a número.

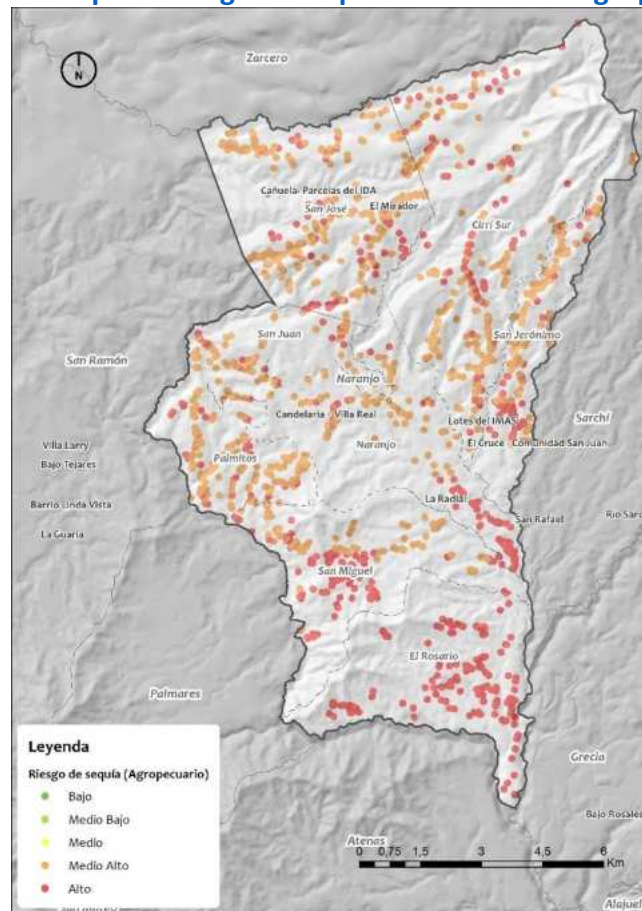
Tabla 24. Riesgo por sequía sobre los diferentes receptores considerados bajo los escenarios (RCP 4.5 y RCP 8.5) y horizontes temporales (2015-2045 y 2045-2075) analizados

Escenario/Horizonte temporal	Categoría de riesgo	Agropecuario		Humedales o masas de agua superficial		Áreas naturales	
		nº fincas	%	ha	%	ha	%
Período de referencia [1990]: 1975-2005 Escenario RCP 4.5 Horizonte 2015-2045/2045-2075 Escenario RCP 8.5 Horizonte 2015-2045/2045-2075	bajo	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	medio-bajo	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	medio	0,00	0,00	0,00	0,00	2,94	0,12
	medio-alto	936,00	63,03	0,00	0,00	1.393,92	55,89
	alto	549,00	36,97	0,06	100,00	1.097,17	43,99

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. Tal y como reflejan la tabla y la figura, todas las explotaciones agrícolas y ganaderas se encuentran en valores naranja (medio alto) y rojo (alto), no encontrándose en otras zonas de menor riesgo.

Figura 19. Mapa de riesgo de sequías sobre sector agropecuario



Fuente: IDOM-CPSU (2021).

4.7.4 Olas de calor

En la Tabla 25. se resumen los resultados obtenidos en el análisis de riesgo del peligro de olas de calor para los distintos receptores sensibles, que en este caso son la población y el hábitat urbano.

Como sucedía con la sequía, en este caso los receptores analizados, población y hábitat urbano, se encuentran en su totalidad en niveles medio alto y alto. A nivel de distrito, casi el 24% de la población vive en Naranjo, seguido Cirrú Sur (16%), San José (12%), San Miguel (11%), Palmitos y Rosario (10%), San Juan (9%) y San Jerónimo (8%).

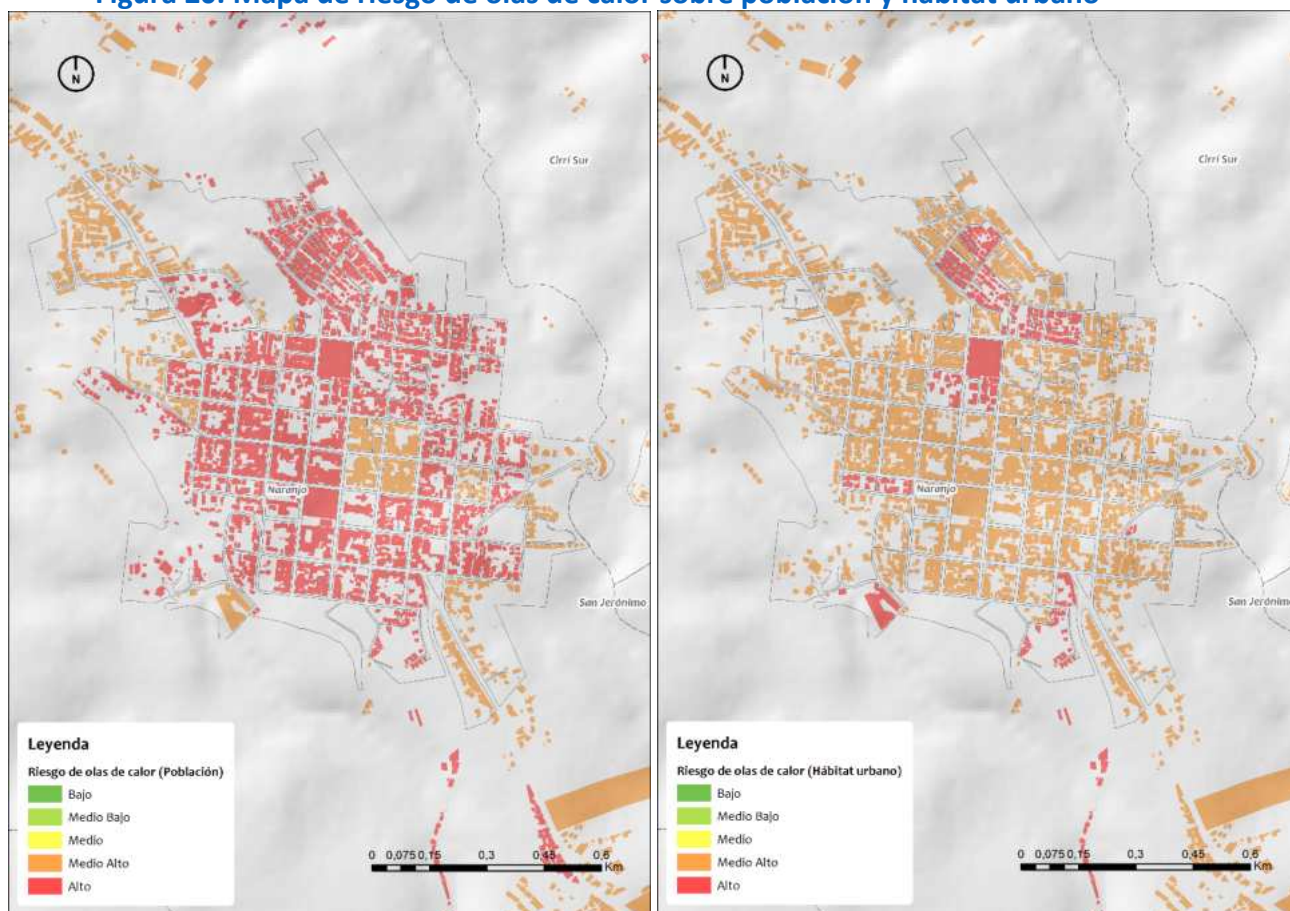
Tabla 25. Riesgo por olas de calor sobre los diferentes receptores considerados bajo los escenarios (RCP 4.5 y RCP 8.5) y horizontes temporales (2015-2045 y 2045-2075) analizados

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	9.547,00	63,79	13.886,00	92,78
	alto	5.419,00	36,21	1.080,00	7,22

Fuente: IDOM-CPSU (2021).

En las siguientes figuras (Figura 20) se representa la variabilidad del nivel de riesgo de olas de calor de los receptores sensibles considerados para ambos escenarios climáticos y horizontes temporales. En el caso de la población y su riesgo ante las olas de calor, la mayoría de la zona urbana de Naranjo se encuentran en un nivel alto de riesgo, salvo algunas zonas con riesgo medio alto. Este esquema se revierte en el caso del hábitat urbano, donde la mayoría de edificaciones se localizan en zonas caracterizadas por un nivel medio alto.

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



Fuente: IDOM-CPSU (2021).

4.8 Capacidad adaptativa actual

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

Como parte de la etapa 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.

Adicionalmente, también en el marco de desarrollo del Plan A, se ha completado un análisis de vulnerabilidad previo, diferenciando por dimensiones: base de activos y gestión municipal, instituciones y derechos, conocimiento e información, innovación, y gobernanza

y toma de decisiones (Ministerio de Ambiente y Energía de Costa Rica, 2021c). A continuación se detalla cada una de ellas:

- **Base de activos**

Para poder analizar la disponibilidad de activos clave con los que cuenta el cantón y que permitirían una respuesta del propio sistema ante situaciones cambiantes, es necesario conocer el balance de empleos formales y la ejecución de los presupuestos.

En el Índice de Gestión Municipal (IGM) se ha obtenido una calificación general de 67 puntos en el año 2018, encontrándose dentro del rango de cumplimiento parcial del Plan de Mejora del IGM (2017). Esto se traduce en que, mientras algunos ejes evaluados como el desarrollo y gestión institucional o la gestión de los servicios económicos tienen una buena valoración, otros como la gestión ambiental o de servicios sociales tienen espacio de mejora.

- **Instituciones y derechos**

Esta dimensión está relacionada con el entorno económico, el desempeño del gobierno local, el acceso y calidad de las infraestructuras, el clima laboral o la calidad de vida, entre otros. Conocer la situación actual de estos factores permite analizar el entorno institucional presente, su pertinencia y evolución para el acceso justo a activos y capitales clave. Y el Índice de Competitividad Cantonal permite medir el resultado de estos factores, que en el caso de Naranjo, presenta un índice bajo, fomentado por el clima empresarial desfavorable. En relación con la seguridad, se señala que la falta de presencia policial y las deficiencias del alumbrado público representan riesgos sociales que imposibilitan el desarrollo integral del cantón.

- **Conocimiento e información**

El Índice de Desarrollo Humano en Naranjo es de 0,82 sobre 1. En este índice se tiene en cuenta la esperanza de vida, los años de escolaridad, bienestar material, años de escolaridad, etc. En relación con el género, la participación de las mujeres en el trabajo es alta, pero muy baja en el ámbito de la política.

El 72% de su población tiene acceso a información y comunicaciones, aunque solo el 26% puede acceder a internet.

- **Innovación**

La relación entre capacidad adaptativa y grado de innovación se basa en la capacidad del cantón para fomentarla, así como la experimentación y la búsqueda de soluciones nicho para el aprovechamiento de nuevas oportunidades. En este sentido, los datos de cobertura 4G pueden arrojar información sobre la situación presente, que es aceptable al tener un porcentaje medio con esta cobertura.

- **Gobernanza y toma de decisiones**

Se hace referencia a los instrumentos de participación ciudadana y a los mecanismos de rendición de cuentas. De este modo se puede perfilar la capacidad del sistema para anticipar, incorporar y responder ante los cambios internos de sus estructuras de gobierno y planificación.

Sobre estos elementos destacan de forma positiva la existencia de instrumentos de participación. Por otro lado, el grado de transparencia en la gestión pública en el cantón es muy bajo.

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. En el cantón de Naranjo tiene un valor de 0,823 lo que le sitúa en la posición 26 de un total de 81 cantones de Costa Rica, según el Atlas de Desarrollo Humano Cantonal 2020⁹. Esto indica que se encuentra en una posición favorable respecto al resto de cantones.

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 Naranjo es aceptable, teniendo en cuenta que hay todavía retos por enfrentar como la participación ciudadana, el aseo de vías y sitios públicos o el acceso a las tecnologías de la información.

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

Tabla 26. 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 27. 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 27. 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 conocimiento e información sobre medidas de cambio climático. Igualmente, existe poca comunicación interinstitucional para ejecutar y fiscalizar las acciones de desarrollo humano de acuerdo con la legislación vigente.

Desde la perspectiva económica destaca la falta de incentivos y presupuestos en temas de adaptación. Por último, a nivel político la falta de unificación de políticas ambientales en conjunto con las comunidades y el incumplimiento de las leyes suponen las principales debilidades para el cantón.

Principales amenazas en la adaptación al cambio climático del cantón

Entre las principales amenazas identificadas destacan la migración y el aumento de enfermedades, así como la falta de conciencia por parte de la población en cuanto al cambio climático. A nivel técnico, la falta de instituciones, proyectos y relaciones interinstitucionales supone una amenaza para el territorio.

Desde la perspectiva económica la pérdida de productividad, cosechas y fuentes de empleo supone una disminución de la posibilidad de desarrollar nuevos proyectos. Por último, se destacan la falta de apoyos económicos y de una política de cambio climático bien definida.

Principales fortalezas en la adaptación al cambio climático del cantón

Las principales fortalezas del cantón se enfocan en la presencia de nuevos sectores capacitados en cambio climático, así como una capacitación continua al personal en temas ambientales.

Desde la perspectiva económica, destaca la creación de fondos verdes a nivel internacional. Por último, se pone en valor un gobierno local abierto a la implementación de planes y políticas ambientales en un territorio con presencia de recursos naturales protegidos.

Principales oportunidades en la adaptación al cambio climático del cantón

Entre las principales oportunidades identificadas se encuentra el buen nivel educativo general y el interés mostrado por la población respecto al cambio climático.

A nivel técnico se identifica como una oportunidad clave contar el soporte de las universidades para las captaciones, la disponibilidad de carreras en temas ambientales y el desarrollo de proyectos ambientales bien formulados.

Por último, se plantea como una oportunidad para el cantón los compromisos gubernamentales y la creación de proyectos en virtud de mejorar la condición ambiental

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 de Acción para la Adaptación Climática con los instrumentos de gestión integral del cambio climático a nivel nacional como la Política Nacional de Adaptación al Cambio Climático (PNACC), las Contribuciones Nacionales Determinadas (NDC) y el Plan Nacional de Adaptación (PNACC).

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

- **Participación ciudadana.**

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

Los espacios de participación permiten conocer las opiniones, necesidades, experiencias y soluciones de la población para la construcción de estrategias climáticas más robustas e integrales. De esta manera, el espacio de diálogo y participación permite observar las causas de la vulnerabilidad social y enfocar esfuerzos para su solución, como el empoderamiento de las mujeres o inclusión de poblaciones con condiciones de vulnerabilidad. La participación ciudadana es fundamental para lograr un desarrollo sostenible bajo en emisiones y resiliente al cambio climático.

- **Adaptación basada en ecosistemas.**

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

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

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

- **Adaptación basada en comunidades.**

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

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

6 Avances en el proceso participativo

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

A continuación (Tabla 28. Esquema de actividades previsto) se muestra el grado de avance en el esquema de actividades previsto.

Tabla 28. 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 de septiembre del 2021. Contando con la participación de personas de la municipalidad y de personas de la comunidad. En el siguiente recurso (Tabla 29. Personas asistentes a la Reunión Técnica 1) se brinda la información de quienes participaron

Tabla 29. 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
Pamela Morales	Gestión de riesgo
Gabriela Murillo	Vicealcaldesa

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.

Durante esta reunión se validó el plan de trabajo con el equipo municipal. Además se confirmó la conformación del comité, que será el mismo que la Comisión Municipal de Emergencias, el cual está conformado por representantes de distintas instituciones.

En relación con las amenazas del cantón señalan que la principal son los deslizamientos, siendo de menor frecuencia y más localizadas las inundaciones. También se comentaron algunas medidas que se han implementado por parte de la municipalidad en esta materia, como la identificación de zonas de afectación y la creación de planes de evacuación con las poblaciones.

A parte de la información recopilada se señala la existencia de recursos adicionales que se comprometen a ubicar para robustecer el plan, y se acuerda la fecha para el siguiente paso.

La reunión técnica 2 se realizó el día 14 de octubre del 2021. Contando con la participación de personas de la municipalidad y de personas de la comunidad. En el siguiente recurso (Tabla 30. Personas asistentes a la Reunión Técnica 2) se brinda la información de quienes participaron

Tabla 30. Personas asistentes a la Reunión Técnica 2

Nombre	Organización, institución, grupo u otro
Natalia Gómez	Plan A/UNEP
Jessie Vega	CPSU
Carla Quesada	CPSU
Pamela Morales	Gestión de riesgo. Municipalidad
Arturo Sánchez	Gestión ambiental. Municipalidad
Mario Elizondo	Gestión ambiental, Municipalidad
Francisco Elizondo	Gestión vial, Municipalidad
Gerardo Chacón	Acueducto, Municipalidad
Grettel Salazar	Gestión social, Municipalidad

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

Durante la segunda reunión técnica se validó la metodología a utilizar durante el proceso, además de la información recolectada hasta el momento. Indicaron que cuentan con información georreferenciada y se comprometieron a compartirla. También se validó la información relacionada a las amenazas a investigar.

Se sugirió utilizar como periodo de referencia una temporalidad más cercana puesto que se han visto más afectaciones por el cambio climático en épocas recientes.

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 jueves 10 de febrero contando con la presencia de las personas detalladas en la Tabla 31.

Tabla 31. Personas asistentes al Taller 1

Nombre	Organización, institución, grupo u otro
Jessie Vega	CPSU
Carla Quesada	CPSU
Joseph Antonio Acuña Cruz	SINAC
Rosa Elena Chacón Araya	PANI
Segundo Ramírez Morales	Municipalidad de Naranjo
Olga Chinchilla	Red de Cuido/CONAPAM

Alberto Calderón	Municipalidad de Naranjo
Gabriela Murillo Fonseca	Municipalidad de Naranjo
Pamela Morales	Municipalidad de Naranjo
Arturo Sánchez Zúñiga	Municipalidad de Naranjo
Ricardo Chacón Acuña	Policía Tránsito
Alejandra Fonseca	Municipalidad de Naranjo
Warner Rodríguez	MAG
Alexandra Quesada Céspedes	Bomberos de Costa Rica
Herson Salas Jiménez	Bomberos de Costa Rica
Raquel Blanco Salas	Acueducto municipal
Gerardo Chacón Agüero	Acueducto municipal
Olger Josué Murillo Ramírez	Municipalidad de Naranjo

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.

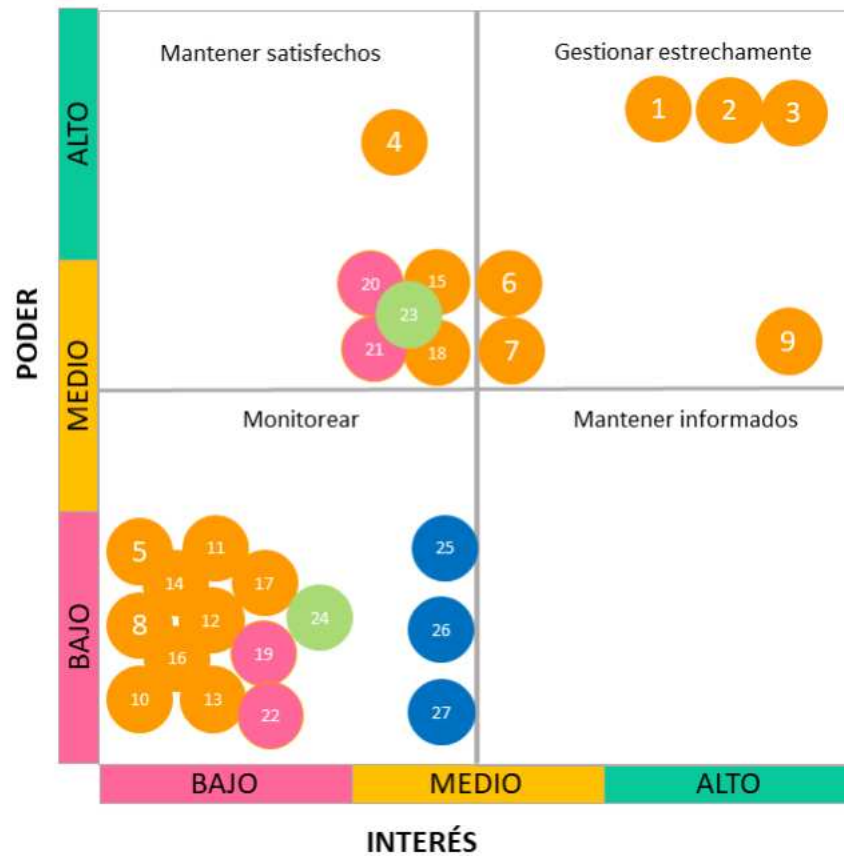
Como resultados del diagnóstico, se plantearon algunos ajustes en relación con los cuerpos de agua o las acciones que se están ejecutando en este momento en el cantón. Igualmente, se desarrolló un análisis DAFO con la Metodología World Café tomando en cuenta los aspectos sociales, técnicos, económicos 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. Matriz de relevancia de actores y la Tabla 32. Relevancia de actores identificados.

Figura 21. Matriz de relevancia de actores



Fuente: IDOM-CPSU (2021).

Tabla 32. 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	Ministerio de Salud	3	3
Sector Público	6	Comisión Nacional de Emergencias	2	2
Sector Público	7	Ministerio de Agricultura y Ganadería	2	2
Sector Público	8	Ministerio de Educación Pública	3	3
Sector Público	9	Ministerio de Ambiente	2	3
Sector Público	10	CENCINAI	3	3
Sector Público	11	Ministerio de Trabajo y Seguridad Social	3	3
Sector Público	12	Caja Costarricense de Seguro Social	3	3

Sector Público	13	Instituto Nacional de Aprendizaje	3	3
Sector Público	14	Grupo ICE	3	3
Sector Público	15	AyA	2	2
Sector Público	16	Ministerio de Obras Públicas y Transportes	3	3
Sector Público	17	Bomberos	3	3
Sector Público	18	Asadas	2	2
Sector Privado	19	Bancos	3	3
Sector Privado	20	Empresas del cantón	2	2
Sector Privado	21	Comercios del cantón	2	2
Sector Privado	22	Empresas de transporte	3	3
Sociedad Civil	23	Asociaciones de Desarrollo	2	2
Sociedad Civil	24	Iglesias	3	3
Academia	25	Universidad de Costa Rica Sede de Occidente	3	2
Academia	26	Ulatina Grecia	3	2
Academia	27	UACA de Occidente	3	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 implementaciones 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 Naranjo.

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 los deslizamientos, sequía y olas de calor son las tres amenazas más recurrentes en el cantón. 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 las áreas naturales y humedales. Aproximadamente el 37% de las fincas dedicadas a estas actividades, un 44% de las áreas naturales y la totalidad de los humedales podrían verse afectadas por episodios de sequía con un riesgo alto, así como gran parte de la población 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.
- Bonsal, B. R. et al. (2011). Drought Research in Canada: A Review. *Atmosphere-Ocean*, 49(4), 303-319.
- Consejos Territoriales de Desarrollo Rural. (2016). *Plan de Desarrollo Rural Territorial Atenas-Palmare-Naranjo-San Ramón-Zarcero 2016*.
- Deschenes, O. (2014). Temperature, human health and adaptation: A review of the empirical literature. *Energy Economics*(46), 606-619.
- ESA. (2021). *Climate Change Initiative*.
- Gobierno de Costa Rica. (2018). *Política Nacional de Adaptación al Cambio Climático*.
- Gobierno de Costa Rica. (2020a). *Contribución Nacionalmente Determinada*.
- Gobierno de Costa Rica. (2020b). *Lineamientos generales para la incorporación de las medidas de resiliencia en infraestructura pública*.
- IMN. (2021). *Clima de Costa Rica y variabilidad climática*. Obtenido de <https://www.imn.ac.cr/clima-en-costa-rica>
- INEC. (2011). *Censo de población*.
- INEC. (2014). *Censo agropecuario*.
- IPCC. (2014). *Quinto Informe de Evaluación del IPCC*.
- MIDEPLAN. (2019). *Impacto de los Fenómenos Naturales para el período 1988-2018, por sectores, provincias, cantones y distritos*. San José de Costa Rica.
- Ministerio de Ambiente y Energía. (2021a). *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. (2021b). *Guía para la priorización de medidas de adaptación al cambio climático utilizando el método Análisis Multicriterio. Proyecto Plan A: Territorios Resilientes ante el Cambio Climático*. San José, Costa Rica.
- Ministerio de Ambiente y Energía de Costa Rica. (2021c). *Producto 3. Evaluación de riesgos y cartografía sobre impactos relacionados al clima en el cantón Naranjo*.
- Municipalidad de Naranjo. (2013). *Plan Regulador*.
- Municipalidad de Naranjo. (2018). *Plan Regulador (Diagnóstico)*.
- O'Neill, M. S., & Ebi, K. L. (2009). Temperature Extremes and Health: Impacts on 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*.
- WHO. (2015). *Heatwaves and Health: Guidance on Warning System Development*. Obtenido de https://www.who.int/globalchange/publications/WMO_WHO_Heat_Health_Guidance_2015.pdf?ua=1

10 Anexo 1. Metodología para el análisis de riesgos

En 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 33. 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 34. 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 35. 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 36. 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 37. El mapa de pendientes obtenido es el que se muestra a continuación en la siguiente tabla:

Tabla 37. 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)

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 38. 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)

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 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 39. 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

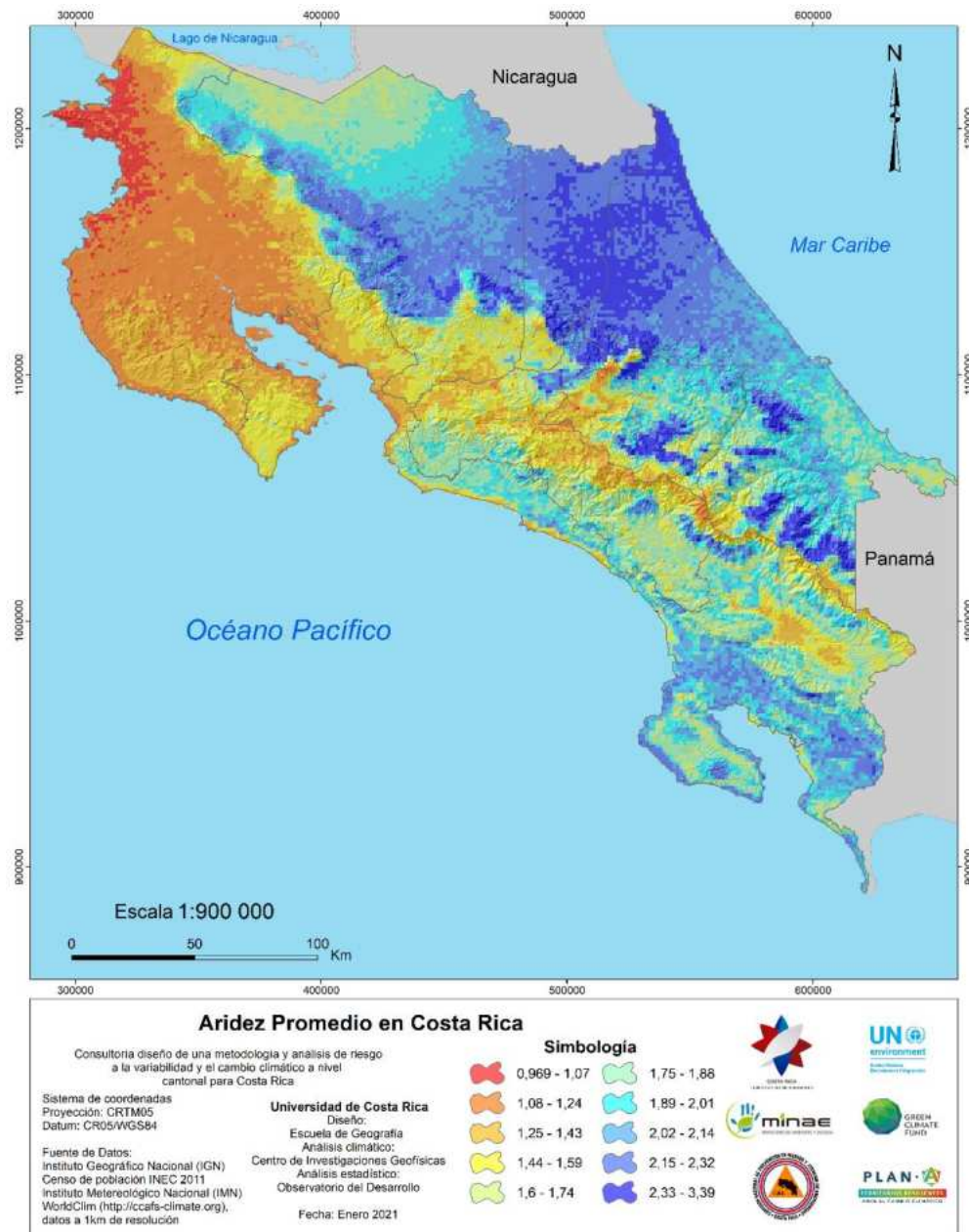
En el presente estudio se hace referencia a la sequía meteorológica, como una amenaza caracterizada por períodos prolongados sin lluvias, o con volúmenes de precipitación muy bajos.

Peligrosidad actual a sequía

Para caracterizar la peligrosidad de sequías en el territorio se ha utilizado un índice de aridez¹⁰ 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).

¹⁰ 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 40. 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 41. Categorización de la evolución prevista de la peligrosidad asociada a déficit de lluvias

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

Fuente: IDOM-CPSU (2021)

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

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

Tabla 42. 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 43. 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	
	Puentes		Tipo de puente	Baja	Vías Nacionales / Autopistas / Pavimentadas	Se asocia la presencia de puentes en vías no pavimentadas y con menor redundancia con una mayor vulnerabilidad.
				Media	Vías cantonales / Centro urbano	
				Alta	Caminos / Vereda / Caminos de tierra	
Equipamientos	Educación	Deslizamientos Inundaciones	Tipo de centro educativo	Baja	Colegio virtual	Se asocian los centros educativos presenciales con una mayor vulnerabilidad.
				Media	CINDEA / Colegio público / Colegio nocturno / CTP /	

Sector	Receptor	Amenaza	Indicador vulnerabilidad	Rangos		Criterio adoptado
					Escuela nocturna / Escuela pública / IPEC / Telesecundaria	Se asocian igualmente los centros educativos para alumnos de preescolar o con necesidades especiales con una mayor vulnerabilidad.
				Alta	Preescolar público / Centro especial / CAIPAD	
				Recurso hídrico	ASADAS	
	Media		ASADAS			
	Alta		-			
	Áreas protegidas		Humedales o masas de agua superficiales	Sequías	Tipo de humedal o masa de agua superficial	Baja
Media		Pantano arbustivo / Otros				
Alta		Pantano herbáceo / manglar / lago / laguna / laguna costera / estero				
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.
				Media	Pasto en Área Silvestre Protegida	
				Alta	Forestal en corredor biológico/Forestal en Área Silvestre Protegida	

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

Grado de vulnerabilidad	Baja	Media	Alta
Escala numérica	1	2	3

10.3 Cálculo del riesgo

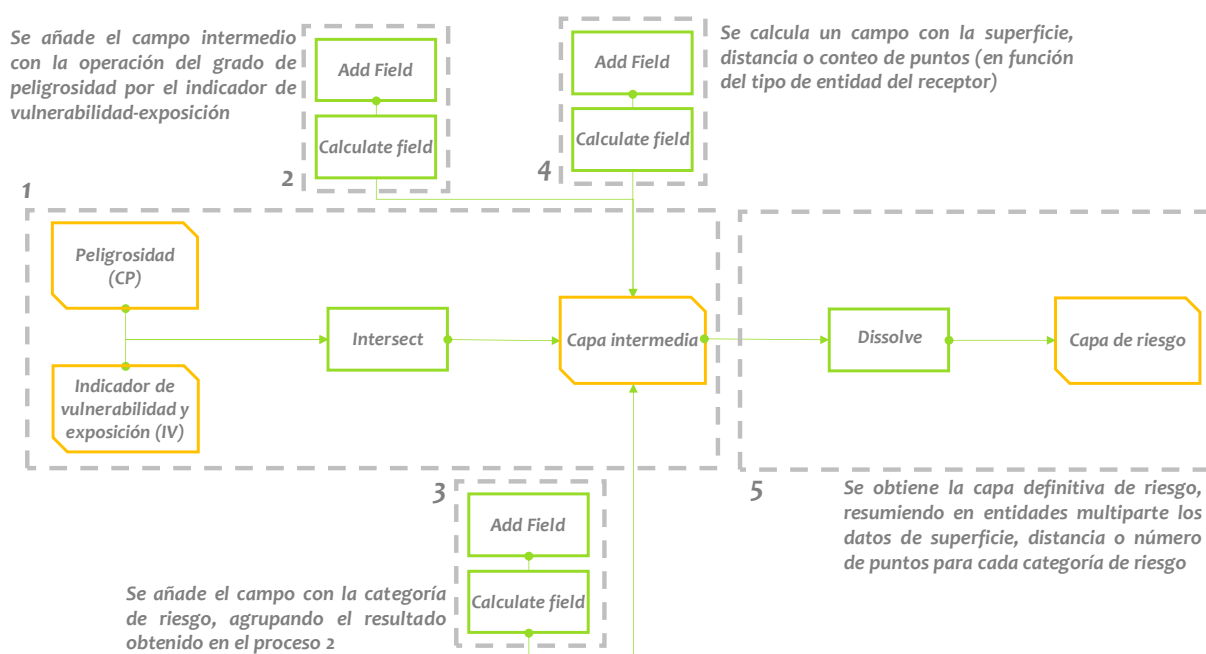
Una vez obtenidos y categorizados tanto los mapas de peligrosidad para las cuatro amenazas para los diferentes escenarios climáticos y horizontes, así como los indicadores de exposición y vulnerabilidad para los receptores estudiados, se procedió a la obtención del cálculo de riesgo. A continuación, se detallan de manera pormenorizada los pasos implicados en ese proceso. Para facilitar el entendimiento sobre los 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 43 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 44. 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 NASA¹¹.

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.

¹¹ 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 45. Resumen de las debilidades identificadas

Sociales	Técnicas
• Poco conocimiento de qué es cambio climático. • Principales personas afectadas son la clase baja. • No hay campañas de información sobre medidas de cambio climático en lo local.	• Poca comunicación interinstitucional para ejecutar y fiscalizar las acciones y desarrollo humano acorde a la legislación vigente. • Poco personal técnico para supervisión.
Debilidades	
Económicas	Políticas
• No existen incentivos para la adaptación. • No se tiene suficiente presupuesto para la aplicación de las leyes. • Empresas no aportan económicamente para el tema. • No hay presupuesto para investigación.	• Cambio de gobierno cada cuatro años. • No hay respeto de leyes ambientales que se relacionan con cambio climático. • Falta unificación de políticas en conjunto con las comunidades.

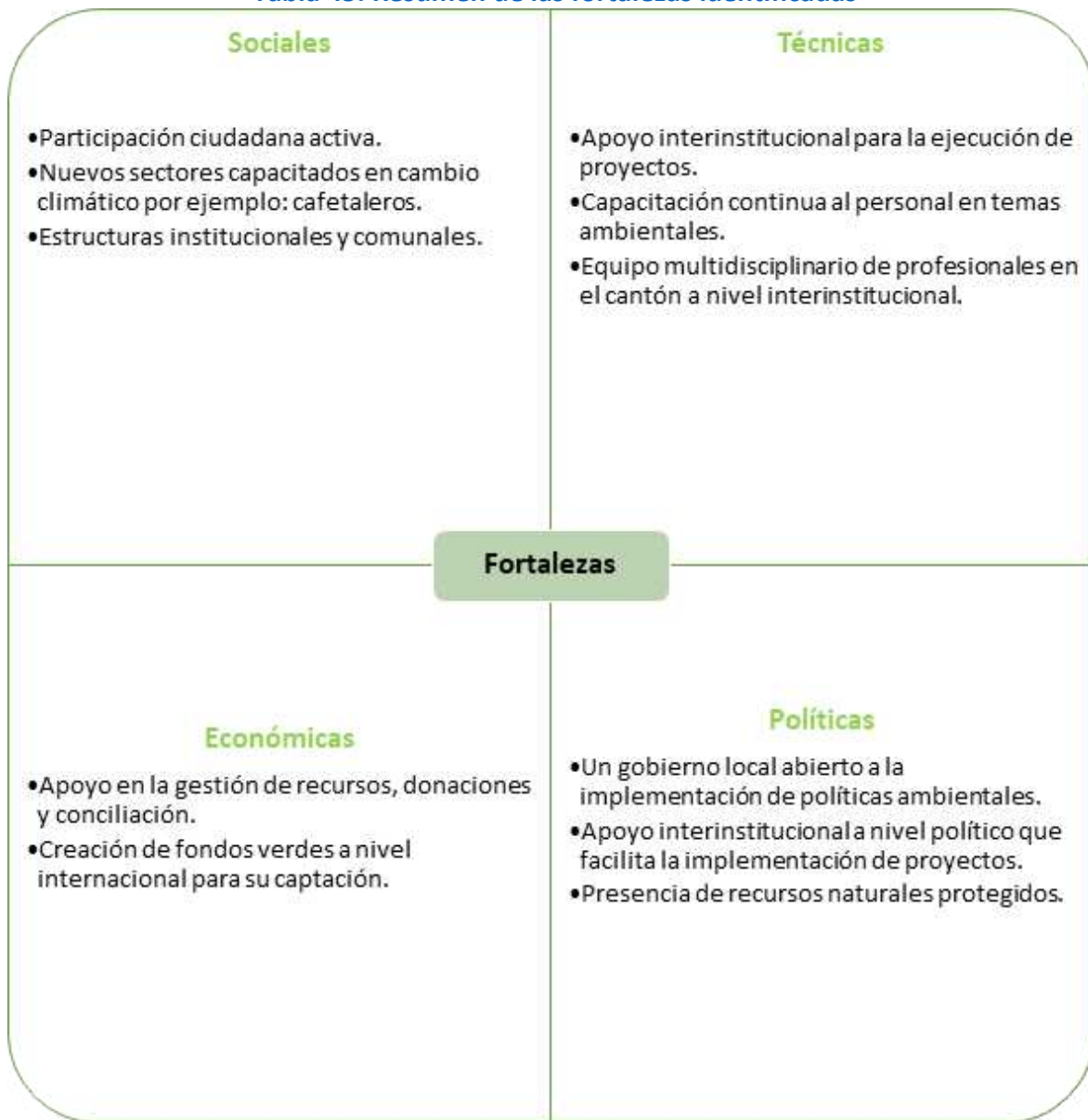
Fuente: IDOM-CPSU

Tabla 6. Resumen de las amenazas identificadas



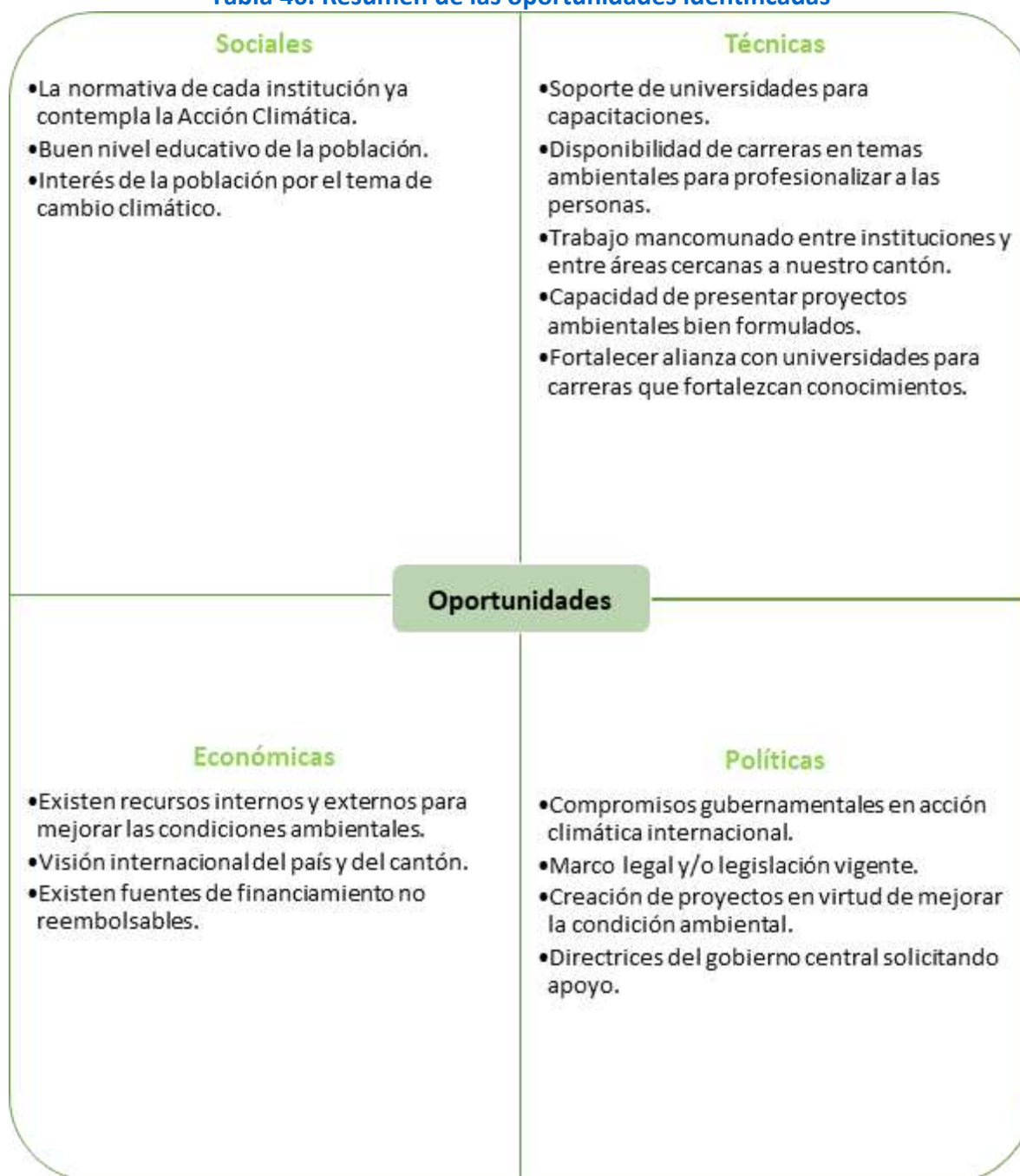
Fuente: IDOM-CPSU

Tabla 45. Resumen de las fortalezas identificadas



Fuente: IDOM-CPSU

Tabla 46. Resumen de las oportunidades identificadas



Fuente: IDOM-CPSU